

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JC996 U.S. PTO  
09/814379  
03/21/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 3月23日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-087127

出 願 人

Applicant(s):

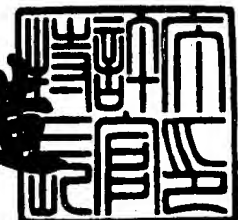
ソニー株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 1月12日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3111354

【書類名】 特許願

【整理番号】 9900938606

【提出日】 平成12年 3月23日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H03M 13/12  
G11B 20/18

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
内

【氏名】 服部 雅之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
内

【氏名】 村山 淳

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
内

【氏名】 宮内 俊之

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代表者】 出井 伸之

【代理人】

【識別番号】 100067736

【弁理士】

【氏名又は名称】 小池 晃

【選任した代理人】

【識別番号】 100086335

【弁理士】

【氏名又は名称】 田村 榮一

【選任した代理人】

【識別番号】 100096677

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊賀 誠司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019530

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9707387

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 データ記録装置及びデータ記録方法、データ再生装置及びデータ再生方法、並びに、データ記録再生装置及びデータ記録再生方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録媒体に対してデータを記録するデータ記録装置であって、  
入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、  
上記変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌手段とを備えること  
を特徴とするデータ記録装置。

【請求項 2】 上記攪拌手段から供給されたデータに対してチャネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード手段を備えること  
を特徴とする請求項 1 記載のデータ記録装置。

【請求項 3】 入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段を備え、  
上記変調符号化手段は、上記誤り訂正符号化手段から供給されたデータに対して変調符号化を施すこと  
を特徴とする請求項 1 記載のデータ記録装置。

【請求項 4】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対して制約条件にしたがって符号化を行うこと  
を特徴とする請求項 1 記載のデータ記録装置。

【請求項 5】 上記攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように攪拌すること  
を特徴とする請求項 4 記載のデータ記録装置。

【請求項 6】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対してブロック変調による符号化を行うこと  
を特徴とする請求項 4 記載のデータ記録装置。

【請求項 7】 上記攪拌手段は、上記変調符号化手段によりブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で攪拌すること  
を特徴とする請求項 6 記載のデータ記録装置。

【請求項 8】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行うことを特徴とする請求項 4 記載のデータ記録装置。

【請求項 9】 上記攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項 8 記載のデータ記録装置。

【請求項 10】 上記記録媒体は、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものであることを特徴とする請求項 1 記載のデータ記録装置。

【請求項 11】 記録媒体に対してデータを記録するデータ記録方法であって、  
入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、  
上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌工程とを備えることを特徴とするデータ記録方法。

【請求項 12】 上記攪拌工程にて並べ替えられたデータに対してチャネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード工程を備えることを特徴とする請求項 11 記載のデータ記録方法。

【請求項 13】 入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程を備え、  
上記変調符号化工程では、上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータに対して変調符号化を施すことを特徴とする請求項 11 記載のデータ記録方法。

【請求項 14】 上記変調符号化工程では、入力したデータに対して制約条件にしたがって符号化を行うことを特徴とする請求項 11 記載のデータ記録方法。

【請求項 15】 上記攪拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように攪拌することを特徴とする請求項 14 記載のデータ記録方法。

【請求項 1 6】 上記変調符号化工程では、入力したデータに対してブロック変調による符号化を行うこと

を特徴とする請求項 1 4 記載のデータ記録方法。

【請求項 1 7】 上記攪拌工程では、上記変調符号化工程にてブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で攪拌すること

を特徴とする請求項 1 6 記載のデータ記録方法。

【請求項 1 8】 上記変調符号化工程では、入力したデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行うこと

を特徴とする請求項 1 4 記載のデータ記録方法。

【請求項 1 9】 上記攪拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌すること

を特徴とする請求項 1 8 記載のデータ記録方法。

【請求項 2 0】 上記記録媒体として、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものを用いること

を特徴とする請求項 1 1 記載のデータ記録方法。

【請求項 2 1】 入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、上記変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌手段とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録機器により記録されたデータを再生するデータ再生装置であって、

上記第 1 の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、

上記逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、

上記第 1 の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、上記変調復号手段から出力されたデータと上記逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第 2 の攪拌手段とを備えること

を特徴とするデータ再生装置。

【請求項 2 2】 上記変調復号手段は、軟入力 of 信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力すること

を特徴とする請求項 2 1 記載のデータ再生装置。

【請求項 2 3】 上記記録機器は、上記第 1 の攪拌手段から供給されたデータに対してチャンネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード手段を備えており、

チャンネル応答に対する復号を行うチャンネル復号手段を備えること  
を特徴とする請求項 2 1 記載のデータ再生装置。

【請求項 2 4】 上記チャンネル復号手段は、軟入力 of 信号を入力し、軟出力復号を行うこと

を特徴とする請求項 2 3 記載のデータ再生装置。

【請求項 2 5】 上記チャンネル復号手段は、軟入力 of 信号を入力し、チャンネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うこと

を特徴とする請求項 2 3 記載のデータ再生装置。

【請求項 2 6】 上記逆攪拌手段は、上記チャンネル復号手段から出力されたデータと上記第 2 の攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、

上記変調復号手段と上記チャンネル復号手段との間で繰り返し復号を行うこと  
を特徴とする請求項 2 4 記載のデータ再生装置。

【請求項 2 7】 上記記録機器は、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施して上記変調符号化手段に供給する誤り訂正符号化手段を備えており、

入力した軟入力 of 信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行う誤り訂正軟復号手段を備え、

上記誤り訂正軟復号手段は、繰り返し復号の結果上記変調復号手段により得られた軟出力 of データに対して誤り訂正符号の軟復号を行うこと

を特徴とする請求項 2 6 記載のデータ再生装置。

【請求項 2 8】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対して制約条件にしたがって符号化を行うものであり、

上記変調復号手段は、上記制約条件に対応した復号を行うこと  
を特徴とする請求項 2 1 記載のデータ再生装置。

【請求項 2 9】 上記第 1 の攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように攪拌するものであることを特徴とする請求項 2 8 記載のデータ再生装置。

【請求項 3 0】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対してブロック変調による符号化を行うものであることを特徴とする請求項 2 8 記載のデータ再生装置。

【請求項 3 1】 上記変調復号手段は、上記変調符号化手段から出力される各出力符号語に対して設けられ、上記各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出手段を有し、

上記尤度算出手段により算出された尤度値を用いて、上記変調符号化手段に入力された入力ビット及び上記変調符号化手段から出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めること

を特徴とする請求項 3 0 記載のデータ再生装置。

【請求項 3 2】 上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うこと

を特徴とする請求項 3 0 記載のデータ再生装置。

【請求項 3 3】 上記第 1 の攪拌手段は、上記変調符号化手段によりブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で攪拌するものであること

を特徴とする請求項 3 0 記載のデータ再生装置。

【請求項 3 4】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行うものであり、

上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うこと

を特徴とする請求項 2 8 記載のデータ再生装置。

【請求項 3 5】 上記第 1 の攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌するものであること

を特徴とする請求項 3 4 記載のデータ再生装置。



【請求項 3 6】 上記変調復号手段は、BCJR アルゴリズム又は SOVA アルゴリズムに基づく軟出力復号を行うこと

を特徴とする請求項 2 2 記載のデータ再生装置。

【請求項 3 7】 上記記録媒体は、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものであること

を特徴とする請求項 2 1 記載のデータ再生装置。

【請求項 3 8】 入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌工程とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録方法により記録されたデータを再生するデータ再生方法であって、

上記第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、

上記逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、

上記第 1 の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、上記変調復号工程にて復号がなされたデータと上記逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第 2 の攪拌工程とを備えること

を特徴とするデータ再生方法。

【請求項 3 9】 上記変調復号工程では、軟入力 of 信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力すること

を特徴とする請求項 3 8 記載のデータ再生方法。

【請求項 4 0】 上記記録方法は、上記第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対してチャネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード工程を備えており、

チャネル応答に対する復号を行うチャネル復号工程を備えること

を特徴とする請求項 3 8 記載のデータ再生方法。

【請求項 4 1】 上記チャネル復号工程では、軟入力 of 信号を入力し、軟出力復号を行うこと

を特徴とする請求項 4 0 記載のデータ再生方法。

【請求項 4 2】 上記チャネル復号工程では、軟入力 of 信号を入力し、チャネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 4 0 記載のデータ再生方法。

【請求項 4 3】 上記逆攪拌工程では、上記チャネル復号工程にて復号がなされたデータと上記第 2 の攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、

上記変調復号工程と上記チャネル復号工程との間で繰り返し復号を行うことを特徴とする請求項 4 1 記載のデータ再生方法。

【請求項 4 4】 上記記録方法は、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施して上記変調符号化工程にて入力されるデータを生成する誤り訂正符号化工程を備えており、

入力した軟入力 of 信号に対して誤り訂正符号 of 軟復号を行う誤り訂正軟復号工程を備え、

上記誤り訂正軟復号工程では、繰り返し復号の結果上記変調復号工程にて得られた軟出力 of データに対して誤り訂正符号 of 軟復号を行うことを特徴とする請求項 4 3 記載のデータ再生方法。

【請求項 4 5】 上記変調符号化工程では、入力したデータに対して制約条件にしたがって符号化を行っており、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応した復号を行うことを特徴とする請求項 3 8 記載のデータ再生方法。

【請求項 4 6】 上記第 1 の攪拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように攪拌していることを特徴とする請求項 4 5 記載のデータ再生方法。

【請求項 4 7】 上記変調符号化工程では、入力したデータに対してブロック変調による符号化を行っていることを特徴とする請求項 4 5 記載のデータ再生方法。

【請求項 4 8】 上記変調復号工程は、上記変調符号化工程にて生成されて出力される各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出工程を有し、

上記変調復号工程では、上記尤度算出工程にて算出された尤度値を用いて、上

記変調符号化工程にて入力された入力ビット及び上記変調符号化工程にて生成されて出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項 4 7 記載のデータ再生方法。

【請求項 4 9】 上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うこと

を特徴とする請求項 4 7 記載のデータ再生方法。

【請求項 5 0】 上記第 1 の攪拌工程では、上記変調符号化工程にてブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で攪拌していることを特徴とする請求項 4 7 記載のデータ再生方法。

【請求項 5 1】 上記変調符号化工程では、入力したデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行っており、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うこと

を特徴とする請求項 4 5 記載のデータ再生方法。

【請求項 5 2】 上記第 1 の攪拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌していること

を特徴とする請求項 5 1 記載のデータ再生方法。

【請求項 5 3】 上記変調復号工程では、BCJR アルゴリズム又は SOVA アルゴリズムに基づく軟出力復号を行うこと

を特徴とする請求項 3 9 記載のデータ再生方法。

【請求項 5 4】 上記記録媒体として、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものを用いること

を特徴とする請求項 3 8 記載のデータ再生方法。

【請求項 5 5】 記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置であって、

上記記録媒体に対してデータを記録する記録系として、

入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、

上記変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌手段とを備え、

上記記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、

上記第 1 の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、

上記逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、

上記第 1 の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、上記変調復号手段から出力されたデータと上記逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第 2 の攪拌手段とを備えること

を特徴とするデータ記録再生装置。

【請求項 5 6】 上記変調復号手段は、軟入力 of の信号を入力するとともに、軟出力の信号を出力すること

を特徴とする請求項 5 5 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 5 7】 上記記録系は、上記第 1 の攪拌手段から供給されたデータに対してチャンネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード手段を備え、

上記再生系は、チャンネル応答に対する復号を行うチャンネル復号手段を備えること

を特徴とする請求項 5 5 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 5 8】 上記チャンネル復号手段は、軟入力 of の信号を入力し、軟出力復号を行うこと

を特徴とする請求項 5 7 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 5 9】 上記チャンネル復号手段は、軟入力 of の信号を入力し、チャンネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うこと

を特徴とする請求項 5 7 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 6 0】 上記逆攪拌手段は、上記チャンネル復号手段から出力されたデータと上記第 2 の攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、

上記変調復号手段と上記チャンネル復号手段との間で繰り返し復号を行うこと

を特徴とする請求項 5 8 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 6 1】 上記記録系は、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段を備え、

上記変調符号化手段は、上記誤り訂正符号化手段から供給されたデータに対して変調符号化を施し、

上記再生系は、入力した軟入力信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行う誤り訂正軟復号手段を備え、

上記誤り訂正軟復号手段は、繰り返し復号の結果上記変調復号手段により得られた軟出力のデータに対して誤り訂正符号の軟復号を行うこと

を特徴とする請求項 6 0 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 6 2】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対して制約条件にしたがって符号化を行い、

上記変調復号手段は、上記制約条件に対応した復号を行うこと

を特徴とする請求項 5 5 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 6 3】 上記第 1 の攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように攪拌すること

を特徴とする請求項 6 2 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 6 4】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対してブロック変調による符号化を行うこと

を特徴とする請求項 6 2 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 6 5】 上記変調復号手段は、

上記変調符号化手段から出力される各出力符号語に対して設けられ、上記各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出手段を有し、

上記尤度算出手段により算出された尤度値を用いて、上記変調符号化手段に入力された入力ビット及び上記変調符号化手段から出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めること

を特徴とする請求項 6 4 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 6 6】 上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うこと

を特徴とする請求項 6 4 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 6 7】 上記第 1 の攪拌手段は、上記変調符号化手段によりブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で攪拌すること  
を特徴とする請求項 6 4 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 6 8】 上記変調符号化手段は、入力したデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行い、

上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うこと

を特徴とする請求項 6 2 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 6 9】 上記第 1 の攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌すること

を特徴とする請求項 6 8 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 7 0】 上記変調復号手段は、BCJR アルゴリズム又は SOVA アルゴリズムに基づく軟出力復号を行うこと

を特徴とする請求項 5 6 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 7 1】 上記記録媒体は、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものであること

を特徴とする請求項 5 5 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 7 2】 記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生方法であって、

上記記録媒体に対してデータを記録する記録系として、

入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、

上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌工程とを備え、

上記記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、

上記第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、

上記逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、

上記第 1 の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、上記変調復号工程にて

復号がなされたデータと上記逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備えることを特徴とするデータ記録再生方法。

【請求項73】 上記変調復号工程では、軟入力 of 信号を入力するとともに、軟出力 of 信号を出力すること

を特徴とする請求項72記載のデータ記録再生方法。

【請求項74】 上記記録系は、上記第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対してチャネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード工程を備え

上記再生系は、チャネル応答に対する復号を行うチャネル復号工程を備えること

を特徴とする請求項72記載のデータ記録再生方法。

【請求項75】 上記チャネル復号工程では、軟入力 of 信号を入力し、軟出力復号を行うこと

を特徴とする請求項74記載のデータ記録再生方法。

【請求項76】 上記チャネル復号工程では、軟入力 of 信号を入力し、チャネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うこと

を特徴とする請求項74記載のデータ記録再生方法。

【請求項77】 上記逆攪拌工程では、上記チャネル復号工程にて復号がなされたデータと上記第2の攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、

上記変調復号工程と上記チャネル復号工程との間で繰り返し復号を行うこと

を特徴とする請求項76記載のデータ記録再生方法。

【請求項78】 上記記録系は、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程を備え、

上記変調符号化工程では、上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータに対して変調符号化を施し、

上記再生系は、入力した軟入力 of 信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行う誤り訂正軟復号工程を備え、

上記誤り訂正軟復号工程では、繰り返し復号の結果上記変調復号工程にて得られた軟出力のデータに対して誤り訂正符号の軟復号を行うこと

を特徴とする請求項 7 7 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 7 9】 上記変調符号化工程では、入力したデータに対して制約条件にしたがって符号化を行い、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応した復号を行うこと

を特徴とする請求項 7 2 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 8 0】 上記第 1 の攪拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように攪拌すること

を特徴とする請求項 7 9 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 8 1】 上記変調符号化工程では、入力したデータに対してブロック変調による符号化を行うこと

を特徴とする請求項 7 9 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 8 2】 上記変調復号工程は、上記変調符号化工程にて生成されて出力される各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出工程を有し、

上記変調復号工程では、上記尤度算出工程にて算出された尤度値を用いて、上記変調符号化工程にて入力された入力ビット及び上記変調符号化工程にて生成されて出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めること

を特徴とする請求項 8 1 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 8 3】 上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うこと

を特徴とする請求項 8 1 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 8 4】 上記第 1 の攪拌工程では、上記変調符号化工程にてブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で攪拌すること

を特徴とする請求項 8 1 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 8 5】 上記変調符号化工程では、入力したデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行い、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うこと



を特徴とする請求項 7 9 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 8 6】 上記第 1 の攪拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌すること

を特徴とする請求項 8 5 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 8 7】 上記変調復号工程では、BCJR アルゴリズム又は SOVA アルゴリズムに基づく軟出力復号を行うこと

を特徴とする請求項 7 3 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 8 8】 上記記録媒体として、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものを用いること

を特徴とする請求項 7 2 記載のデータ記録再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録装置及びデータ記録方法、記録媒体に記録されているデータを再生するデータ再生装置及びデータ再生方法、並びに、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置及びデータ記録再生方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

例えば、デジタルデータを記録する記録媒体として、ハードディスクやいわゆる DVCR (Digital Video Cassette Recorder)、いわゆる CD (Compact Disc) や DVD (Digital Versatile Disk)、及びいわゆる MO (Magneto Optical) 等の磁気、光及び光磁気記録方式による各種記録媒体が広く知られている。

【0003】

これらの記録媒体に対して信号を記録するためには、例えば、磁気記録方式による記録媒体に対しては書き込みヘッドにより磁化方向を制御したり、光記録方式による記録媒体に対してはスタンプにより信号に応じた長さのピットを形成するといったように、記録媒体に対して物理的な処理を施す必要がある。その際、記録媒体に記録された信号を読み出す再生側での読み出し信号の振幅制御やクロ

ック再生が正常に動作するように、記録媒体に対して信号を記録する記録側では、通常、予め信号に対して所定の変調符号化を施し、記録媒体に対して信号を記録する方式が用いられる。

#### 【0004】

この変調符号化を行う変調符号化器は、一般に、各種制限のないバイナリ信号を入力し、各種制限が加えられたバイナリ信号を出力する。ここで、信号に対する制限としては、例えば、符号における“0”，“1”の個数が十分長い範囲で均等になるような制限であるDC free制限や、符号において連続する“0”の個数の最小値及び最大値が、それぞれ、 $d$  個及び $k$  個となる制限である $(d, k)$  制限等がある。 $(d, k)$  制限の概念を具体的に説明するために、 $(d, k) = (2, 7)$  制限を満たす符号を出力する変調符号化器における入出力例を示すと、図13に示すようになる。すなわち、 $(d, k) = (2, 7)$  制限を満たす符号を出力する変調符号化器150は、制限が加えられていない入力信号を入力すると、この入力信号に変調符号化を施し、連続する“0”の個数の最小値が2個、最大値が7個であるような出力信号を生成して出力する。

#### 【0005】

このように、制限のない系列を制限のある系列に変換する場合には、入力ビットの総数よりも出力ビットの総数が多くなる。ここで、入力ビットの総数を $K$ 、出力ビットの総数を $N$ と表すものとする、通常、 $K/N$ を符号化率 $R$ として表す。この符号化率 $R$ は、変調符号化の効率を表す指標値となるものであり、同じ制限を満たす出力信号を生成する変調符号化器を比較した場合には、符号化率 $R$ が高い変調符号化器は、符号化率 $R$ が低い変調符号化器よりも、一定の出力ビットに対して多くの入力ビットを符号化できることを示す。換言すれば、符号化率 $R$ が高い変調符号化器は、符号化率 $R$ が低い変調符号化器よりも、定められた記録媒体に対して多くの情報を記録できる。

#### 【0006】

また、変調符号化には、入力ビットを所定の長さのブロックに区切り、各ブロックに対応する所定の長さのブロックに区切られた出力ビットを生成するブロック符号化方式と、入力ビットとこの入力ビットに対応する出力ビットの符号化単

位が変動する可変長符号化方式とがある。例えば、変調符号化として通常用いられているいわゆる 8 / 9 符号や 1 6 / 1 7 符号はブロック符号化方式に属するものであり、いわゆる (1, 7) R L L 符号や (2, 7) R L L 符号は可変長符号化方式に属するものである。

【0 0 0 7】

例えば、入力ビットとして 2 ビットの信号を入力し、 $(d, k) = (0, 2)$  制限を満たす 3 ビットの出力ビットを生成するブロック変調符号化方式の場合、変調符号化器は、次表 1 に示すような変換テーブルを図示しないメモリ等に格納しており、この変換テーブルを参照することによって、2 ビットの入力ビットに対応する 3 ビットの出力ビットを求め、逐次出力する。

【0 0 0 8】

【表 1】

表 1 変換テーブルの一例

入力ビット	出力ビット
00	011
01	101
10	111
11	110

【0 0 0 9】

一方、変調符号化された信号を変調復号する変調復号器は、表 1 に示した変換テーブルに対応する表 2 に示すような逆変換テーブルを図示しないメモリ等に格納しており、この逆変換テーブルを参照することによって、3 ビットの入力ビットに対応する 2 ビットの復号ビットを求め、逐次出力する。

【 0 0 1 0 】

【 表 2 】

表 2 逆変換テーブルの一例

入力ビット	復号ビット
000	01
001	00
010	10
011	00
100	11
101	01
110	11
111	10

【 0 0 1 1 】

変調復号器としては、例えば図 1 4 に示すものがある。この変調復号器 1 6 0 は、少なくとも ROM (Read Only Memory) 1 6 1 を備える。変調復号器 1 6 0 は、入力アドレス信号 D 1 6 1 を入力し、この入力アドレス信号 D 1 6 1 で与えられる ROM 1 6 1 におけるアドレスに格納されている内容を変調復号信号 D 1 6 2 として出力する。実際には、変調復号器 1 6 0 は、表 2 に示した逆変換テーブルにしたがって入力ビットから復号ビットへの逆変換を行う場合には、表 2 における入力ビットに対応する ROM 1 6 1 のアドレスに復号ビットの内容が格納されており、このアドレスに格納されている復号ビットを読み出すことによって、逆変換を行う。

【 0 0 1 2 】

また、変調復号器としては、例えば図 1 5 に示すものがある。この変調復号器

1 7 0 は、少なくとも組み合わせ回路 1 7 1 を備える。変調復号器 1 7 0 は、入力信号 D 1 7 1 を入力し、組み合わせ回路 1 7 1 により入力信号 D 1 7 1 に対する論理演算を行い、変調復号信号 D 1 7 2 を生成する。実際には、変調復号器 1 7 0 は、表 2 に示した逆変換テーブルにしたがって入力ビットから復号ビットへの逆変換を行う場合には、3 ビットの入力信号 D 1 7 1 を  $(a_0, a_1, a_2)$ 、2 ビットの変調復号信号 D 1 7 2 を  $(b_0, b_1)$  と表すと、出力ビットである  $(b_0, b_1)$  を、次式 (1) に示すような論理式に対応する組み合わせ回路 1 7 1 により生成する。なお、同式において、“|” は論理和を表し、“&” は論理積を表し、“!” は論理否定を表す。

【0 0 1 3】

【数 1】

$$b_0 = (a_1 \& a_2) \mid (a_0 \& !a_1 \& !a_2) \mid (!a_0 \& a_1 \& !a_2)$$

$$b_1 = (a_0 \& !a_1) \mid (!a_0 \& !a_1 \& !a_2) \mid (a_0 \& a_1 \& !a_2)$$

... (1)

【0 0 1 4】

このような変調符号化器及び変調復号器を、磁気記録方式による記録媒体に対するデータの記録及び再生を行う磁気記録再生装置に適用した場合、この磁気記録再生装置は、図 1 6 に示すように構成される。

【0 0 1 5】

すなわち、同図に示す磁気記録再生装置 2 0 0 は、データを記録媒体 2 5 0 に記録するための記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器 2 0 1 と、入力したデータに対して変調符号化を施す変調符号化器 2 0 2 と、入力したデータに対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコーダ 2 0 3 と、入力したデータの各ビットを書き込み電流値に

変換する書き込み電流ドライバ 2 0 4 と、記録媒体 2 5 0 に対してデータを記録するための書き込みヘッド 2 0 5 とを備える。また、磁気記録再生装置 2 0 0 は、記録媒体 2 5 0 に記録されているデータを再生するための再生系として、記録媒体 2 5 0 に記録されているデータを読み出すための読み出しヘッド 2 0 6 と、入力したデータを等化する等化器 2 0 7 と、入力したデータの利得を調整する利得調整回路 2 0 8 と、アナログデータをデジタルデータに変換するアナログ—デジタル変換器（以下、A/D と記す。） 2 0 9 と、クロックを再生するタイミング再生回路 2 1 0 と、利得調整回路 2 0 8 を制御する利得調整コントロール回路 2 1 1 と、入力したデータに対していわゆるビタビ復号を施すビタビ復号器 2 1 2 と、入力したデータに対して変調復号を施す変調復号器 2 1 3 と、入力したデータに対して誤り訂正復号を施す誤り訂正復号器 2 1 4 とを備える。

## 【 0 0 1 6 】

このような磁気記録再生装置 2 0 0 は、記録媒体 2 5 0 に対してデータを記録する場合には、次に示すような処理を行う。

## 【 0 0 1 7 】

まず、磁気記録再生装置 2 0 0 は、入力データ D 2 0 1 を入力すると、この入力データ D 2 0 1 に対して、誤り訂正符号化器 2 0 1 により誤り訂正符号化を施し、誤り訂正符号化データ D 2 0 2 を生成する。

## 【 0 0 1 8 】

次に、磁気記録再生装置 2 0 0 は、変調符号化器 2 0 2 によって、誤り訂正符号化器 2 0 1 から供給された誤り訂正符号化データ D 2 0 2 に対して変調符号化を施し、制限が加えられた系列である変調符号化データ D 2 0 3 を生成する。

## 【 0 0 1 9 】

次に、磁気記録再生装置 2 0 0 は、プリコード 2 0 3 によって、変調符号化器 2 0 2 から供給された変調符号化データ D 2 0 3 に対して、記録媒体 2 5 0 へのデータの書き込みから再生系における等化器 2 0 7 における出力までのチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施し、プリコード信号 D 2 0 4 を生成する。例えば、プリコード 2 0 3 は、チャネルが  $1 - D$  の特性を有する場合には、次式（2）で表されるフィルタリング F を施す。

【 0 0 2 0 】

【数 2】

$$F = 1/(1 \oplus D) \quad (\oplus \text{ は、排他的論理和}) \quad \dots (2)$$

【 0 0 2 1 】

次に、磁気記録再生装置 2 0 0 は、書き込み電流ドライバ 2 0 4 によって、プリコーダ 2 0 3 から供給されたバイナリ信号であるプリコード信号 D 2 0 4 に対して、 $0 \rightarrow -I_s$ ,  $1 \rightarrow +I_s$  とするように、各ビットを書き込み電流値  $I_s$  に変換し、書き込み電流信号 D 2 0 5 を生成する。

【 0 0 2 2 】

そして、磁気記録再生装置 2 0 0 は、書き込みヘッド 2 0 5 によって、書き込み電流ドライバ 2 0 4 から供給された書き込み電流信号 D 2 0 5 に応じた書き込み磁化信号 D 2 0 6 を記録媒体 2 5 0 に対して与える。

【 0 0 2 3 】

磁気記録再生装置 2 0 0 は、このような処理を行うことによって、記録媒体 2 5 0 に対してデータを記録することができる。

【 0 0 2 4 】

一方、記録媒体 2 5 0 に記録されているデータを再生する場合には、磁気記録再生装置 2 0 0 は、次に示すような処理を行う。

【 0 0 2 5 】

まず、磁気記録再生装置 2 0 0 は、読み出しヘッド 2 0 6 によって、記録媒体 2 5 0 から読み出し磁化信号 D 2 0 7 を読み出し、この読み出し磁化信号 D 2 0 7 に応じた読み出し電流信号 D 2 0 8 を生成する。

## 【 0 0 2 6 】

次に、磁気記録再生装置 2 0 0 は、等化器 2 0 7 によって、読み出しヘッド 2 0 6 から供給された読み出し電流信号 D 2 0 8 に対して、記録系における記録媒体 2 5 0 へのデータの書き込みから当該等化器 2 0 7 における出力までのチャンネル応答が所定の特性、例えば  $1 - D$  となるように等化を行い、等化信号 D 2 0 9 を生成する。

## 【 0 0 2 7 】

次に、磁気記録再生装置 2 0 0 は、利得調整回路 2 0 8 によって、利得調整コントロール回路 2 1 1 から供給される利得調整コントロール信号 D 2 1 3 に基づいて、等化器 2 0 7 から供給された等化信号 D 2 0 9 の利得を調整し、利得調整信号 D 2 1 0 を生成する。なお、利得調整コントロール信号 D 2 1 3 は、利得調整コントロール回路 2 1 1 によって、後述するデジタルチャンネル信号 D 2 1 1 に基づいて生成されるものであり、等化信号 D 2 0 9 の振幅を期待される値に保つための制御信号である。

## 【 0 0 2 8 】

次に、磁気記録再生装置 2 0 0 は、A/D 2 0 9 によって、利得調整回路 2 0 8 から供給された利得調整信号 D 2 1 0 をデジタル化し、デジタルチャンネル信号 D 2 1 1 を生成する。なお、このとき、A/D 2 0 9 は、タイミング再生回路 2 1 0 により生成されて供給されるクロック信号 D 2 1 2 に基づいてサンプリングを行う。このタイミング再生回路 2 1 0 は、デジタルチャンネル信号 D 2 1 1 を入力し、クロックを再生して得られたクロック信号 D 2 1 2 を A/D 2 0 9 に供給する。

## 【 0 0 2 9 】

次に、磁気記録再生装置 2 0 0 は、A/D 2 0 9 から供給されるデジタルチャンネル信号 D 2 1 1 をビタビ復号器 2 1 2 に入力し、このビタビ復号器 2 1 2 によって、記録系におけるプリコード 2 0 3 の前段から再生系における等化器 2 0 7 における出力までのチャンネル応答、例えば次式 (3) で表されるチャンネル応答  $R_{ch}$  に対してビタビ復号を行い、ビタビ復号信号 D 2 1 4 を生成する。



【 0 0 3 0 】

【数 3】

$$R_{ch} = (1 - D) / (1 \oplus D) \quad (\oplus \text{ は、排他的論理和}) \quad \dots (3)$$

【 0 0 3 1 】

次に、磁気記録再生装置 2 0 0 は、変調復号器 2 1 3 によって、ビタビ復号器 2 1 2 から供給されたビタビ復号信号 D 2 1 4 に対して変調復号を施し、記録系における変調符号化器 2 0 2 とは逆のデータの対応付けを図り、制限のある一定長の系列から、制限のない元の入力データ系列である変調復号信号 D 2 1 5 を生成する。

【 0 0 3 2 】

そして、磁気記録再生装置 2 0 0 は、誤り訂正復号器 2 1 4 によって、変調復号器 2 1 3 から供給された変調復号信号 D 2 1 5 に対して誤り訂正符号の復号を行い、出力データ D 2 1 6 を生成する。

【 0 0 3 3 】

磁気記録再生装置 2 0 0 は、このような処理を行うことによって、記録媒体 2 5 0 に記録されているデータを再生することができる。

【 0 0 3 4 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述した従来の磁気記録再生装置 2 0 0 においては、再生系における変調復号器 2 1 3 が変調符号化器 2 0 2 による変調符号化とは逆のバイナリ信号間の対応付けを行う機能しか有しておらず、変調復号器 2 1 3 に対する入出力ともバイナリ信号である必要があることから、ビタビ復号器 2 1 2 よりも後段に

おける信号は、全てバイナリ信号であった。

【 0 0 3 5 】

換言すれば、磁気記録再生装置 2 0 0 においては、変調復号器 2 1 3 の前段でバイナリ信号を生成するとともに、変調復号器 2 1 3 の後段でもバイナリ信号を処理する必要があった。

【 0 0 3 6 】

したがって、磁気記録再生装置 2 0 0 においては、2 値のバイナリ信号を用いる必要から、信号に含まれる情報量を故意に削減することになり、効率のよい復号処理ができず、結果として復号誤り率を劣化させる原因となっていた。

【 0 0 3 7 】

本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、高性能の符号化を行って、効率のよい復号処理を再生系に行わせ、復号誤り率を大幅に低下させることができるデータ記録装置及びデータ記録方法、効率のよい復号処理を行い、復号誤り率を低下することができるデータ再生装置及びデータ再生方法、並びに、高性能の符号化及び高効率の復号処理を実現して、復号誤り率を低下することができるデータ記録再生装置及びデータ記録再生方法を提供することを目的とする。

【 0 0 3 8 】

【課題を解決するための手段】

上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録装置は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録装置であって、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌手段とを備えることを特徴としている。

【 0 0 3 9 】

このような本発明にかかるデータ記録装置は、攪拌手段によって、変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える。

【 0 0 4 0 】

また、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録方法は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録方法であって、入力したデータに対して所定

の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌工程とを備えることを特徴としている。

#### 【 0 0 4 1 】

このような本発明にかかるデータ記録方法は、攪拌工程にて、変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える。

#### 【 0 0 4 2 】

さらに、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ再生装置は、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録機器により記録されたデータを再生するデータ再生装置であって、第1の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、この逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、第1の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備えることを特徴としている。

#### 【 0 0 4 3 】

このような本発明にかかるデータ再生装置は、逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号手段により変調復号し、第2の攪拌手段によって、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える。

#### 【 0 0 4 4 】

さらにまた、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ再生方法は、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録方法により記録されたデータを再生するデータ再生方法であって、第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータの

ビット配列を、変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、この逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、第 1 の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第 2 の攪拌工程とを備えることを特徴としている。

## 【 0 0 4 5 】

このような本発明にかかるデータ再生方法は、逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号工程にて変調復号し、第 2 の攪拌工程にて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える。

## 【 0 0 4 6 】

また、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌手段とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第 1 の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、この逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、第 1 の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第 2 の攪拌手段とを備えることを特徴としている。

## 【 0 0 4 7 】

このような本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、第 1 の攪拌手段によって、変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体に記録されているデータを再生する場合には、逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号手段によ

り変調復号し、第2の攪拌手段によって、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0048】

さらに、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生方法であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、この逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、第1の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備えることを特徴としている。

【0049】

このような本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、攪拌工程にて、変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体に記録されているデータを再生する場合には、逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号工程にて変調復号し、第2の攪拌工程にて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0050】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

## 【 0 0 5 1 】

この実施の形態は、例えば、ハードディスクやいわゆるDVCR (Digital Video Cassette Recorder) 等の磁気記録方式による記録媒体に対してデータを記録する記録系と、これらの記録媒体に記録されているデータを再生する再生系とを備える磁気記録再生装置である。

## 【 0 0 5 2 】

この磁気記録再生装置は、記録系において、信号を変調する変調符号化器の後段にインターリーバを備え、変調符号化器と信号に対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコーダとの間でいわゆる縦列接続符号による符号化を行うものである。また、磁気記録再生装置は、再生系において、チャネルに対する復号器及び変調符号化された信号を変調復号する復号器として、軟入力 (soft input) であるデータを入力するとともに、軟出力 (soft output) であるデータを出力する軟入力軟出力 (Soft Input Soft Output ; 以下、SISOと記す。) 型の復号器を適用し、これらの2つの復号器の間でいわゆるターボ復号と呼ばれる繰り返し復号を行うものである。すなわち、磁気記録再生装置は、いわゆるシャノンの通信路符号化定理により与えられるシャノン限界に近い性能を示す符号化方法及び復号方法として知られる縦列接続符号による符号化及びターボ復号を、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行う記録再生系に適用したものである。

## 【 0 0 5 3 】

まず、第1の実施の形態として示す磁気記録再生装置について説明する。ここではまず、この磁気記録再生装置の記録系に適用するインターリーバについて図1及び図2を参照して説明する。

## 【 0 0 5 4 】

図1に示すインターリーバ10は、当該インターリーバ10の前段に設けられる変調符号化器によりブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位、すなわち、1シンボル単位で攪拌し、データを構成する各ビットの順序を並べ替えるものである。例えば、インターリーバ10は、次表3に示す変換テーブルにしたがって、2ビットの入力ビットに対して3ビットの出力ビット

を生成する変調符号化がなされたデータを構成する各ビットの順序を並べ替えるものとする、図 2 に示すように、変調符号ブロック単位である 3 ビット単位で入力した入力信号に対して、3 ビット単位で並べ替えて出力信号を生成する。

【 0 0 5 5 】

【表 3】

表 3 変換テーブルの一例

入力ビット	出力ビット
00	011
01	101
10	111
11	110

【 0 0 5 6 】

より具体的には、インターリーバ 1 0 は、例えば発生した乱数に基づいて決定されたデータの攪拌位置情報を図示しない R O M (Read Only Memory) 等に保持しており、この攪拌位置情報に基づいて、変調符号ブロック単位での入力信号の並べ替えを行う。例えば、インターリーバ 1 0 は、入力信号を構成する各ビットを順次保持し、N ビット (N は任意の自然数) からなるビット系列が生成されたタイミングで、攪拌位置情報に基づいた変調符号ブロック単位での並べ替えを行った後、所定のタイミングで出力信号として出力する。

【 0 0 5 7 】

つぎに、磁気記録再生装置の再生系に適用する S I S O 型の復号器である上述した変調符号化された信号を変調復号する復号器について図 3 及び図 4 を参照して説明する。なお、これらの図 3 及び図 4 に示す復号器 2 0, 3 0 は、変調符号化された信号を変調復号する復号器として示されるものであるが、チャネルに対する復号器も、同様の構成で実現されるものであることをここで断っておく。

## 【 0 0 5 8 】

図 3 に示す復号器 2 0 は、入力  $k$  ビットに対して  $n$  ビットの変調符号化を行う符号化率  $R = k / n$  のブロック変調により符号化されたデータを復号するものである。

## 【 0 0 5 9 】

この復号器 2 0 は、軟入力とされる受信信号  $R$  を入力すると、この受信信号  $R$  の各ビットが “0” である確率  $P(R_i = 0 | R)$  と、各ビットが “1” である確率  $P(R_i = 1 | R)$  とを算出し、最終的には、 $M = (M_0, M_1, \dots, M_{n-1})$  で表される変調符号ブロック  $M$  に対する軟判定値である事後確率情報 (a posteriori probability information)  $P(M_i = 0 | R)$  及び  $P(M_i = 1 | R)$ 、若しくは  $C = (C_0, C_1, \dots, C_{k-1})$  で表される変調符号入力ブロック  $C$  に対する軟判定値である事後確率情報  $P(C_i = 0 | R)$  及び  $P(C_i = 1 | R)$ 、又はこれらの双方を算出して出力する。

## 【 0 0 6 0 】

なお、復号器としては、上述した各事後確率情報を個別的に出力するのではなく、事後確率情報比の対数値、すなわち、 $\log(P(M_i = 1 | R) / P(M_i = 0 | R))$  や  $\log(P(C_i = 1 | R) / P(C_i = 0 | R))$  として出力することもできる。この対数値は、一般には対数尤度比 (log likelihood ratio) と呼ばれ、ここでは、受信信号  $R$  を入力した際の変調符号ブロック  $M$  及び変調符号入力ブロック  $C$  の尤度を示すものである。

## 【 0 0 6 1 】

また、復号器としては、上述した受信信号  $R$  を入力するのではなく、変調符号入力ブロック  $C$  に対する事前確率情報 (a priori probability information)  $P(C_i = 0)$  及び  $P(C_i = 1)$  が入力信号として与えられてもよい。

## 【 0 0 6 2 】

このような復号器としては、具体的には、例えば図 4 に示すような各部を有するものが考えられる。ここでは、2 ビットの入力ビットに対して 3 ビットの出力ビットを生成するために、先に表 3 に示した変換テーブルにしたがって符号化されたデータを復号するものとして説明する。



## 【0063】

同図に示す復号器30は、各受信ビットの尤度を算出する尤度算出手段である  
 (3ビット×2=) 6つの尤度算出回路31<sub>1</sub>, 31<sub>2</sub>, 31<sub>3</sub>, 31<sub>4</sub>, 31<sub>5</sub>, 31<sub>6</sub>と、データを加算する4つの加算器32<sub>1</sub>, 32<sub>2</sub>, 32<sub>3</sub>, 32<sub>4</sub>と、2つのデータA, Bに対して $\log(e^A + e^B)$ の演算を行う4つの $\log\text{-sum}$ 回路33<sub>1</sub>, 33<sub>2</sub>, 33<sub>3</sub>, 33<sub>4</sub>と、2つのデータを加算する4つの加算器34<sub>1</sub>, 34<sub>2</sub>, 34<sub>3</sub>, 34<sub>4</sub>と、2つのデータの比をとる5つの比較器35<sub>1</sub>, 35<sub>2</sub>, 36<sub>1</sub>, 36<sub>2</sub>, 36<sub>3</sub>と、変調符号ブロックMにおける各要素に対する係数を算出する係数算出回路37<sub>1</sub>, 37<sub>2</sub>, 37<sub>3</sub>と、2つのデータを加算する3つの加算器38<sub>1</sub>, 38<sub>2</sub>, 38<sub>3</sub>とを有する。

## 【0064】

尤度算出回路31<sub>1</sub>, 31<sub>2</sub>, 31<sub>3</sub>, 31<sub>4</sub>, 31<sub>5</sub>, 31<sub>6</sub>は、それぞれ、受信信号D31(R)における各受信ビットを入力し、各受信ビットの尤度を算出する。

## 【0065】

すなわち、尤度算出回路31<sub>1</sub>は、3ビットの受信信号D31を構成する0ビット目を入力し、このビットが“0”である確率の対数値である対数確率値D32<sub>1</sub>( $\log P(R_0=0 | R)$ )を算出する。尤度算出回路31<sub>1</sub>は、生成した対数確率値D32<sub>1</sub>を加算器32<sub>1</sub>及び比較器36<sub>1</sub>に供給する。

## 【0066】

また、尤度算出回路31<sub>2</sub>は、3ビットの受信信号D31を構成する0ビット目を入力し、このビットが“1”である確率の対数値である対数確率値D32<sub>2</sub>( $\log P(R_0=1 | R)$ )を算出する。尤度算出回路31<sub>2</sub>は、生成した対数確率値D32<sub>2</sub>を加算器32<sub>2</sub>, 32<sub>3</sub>, 32<sub>4</sub>及び比較器36<sub>1</sub>に供給する。

## 【0067】

さらに、尤度算出回路31<sub>3</sub>は、3ビットの受信信号D31を構成する1ビット目を入力し、このビットが“0”である確率の対数値である対数確率値D32<sub>3</sub>( $\log P(R_1=0 | R)$ )を算出する。尤度算出回路31<sub>3</sub>は、生成した対数確率値D32<sub>3</sub>を加算器32<sub>2</sub>及び比較器36<sub>2</sub>に供給する。

## 【0068】

さらにまた、尤度算出回路31<sub>4</sub>は、3ビットの受信信号D31を構成する1ビット目を入力し、このビットが“1”である確率の対数値である対数確率値D32<sub>4</sub> ( $\log P(R_1=1 | R)$ ) を算出する。尤度算出回路31<sub>4</sub>は、生成した対数確率値D32<sub>4</sub>を加算器32<sub>1</sub>、32<sub>3</sub>、32<sub>4</sub>及び比較器36<sub>2</sub>に供給する。

## 【0069】

また、尤度算出回路31<sub>5</sub>は、3ビットの受信信号D31を構成する2ビット目を入力し、このビットが“0”である確率の対数値である対数確率値D32<sub>5</sub> ( $\log P(R_2=0 | R)$ ) を算出する。尤度算出回路31<sub>5</sub>は、生成した対数確率値D32<sub>5</sub>を加算器32<sub>4</sub>及び比較器36<sub>3</sub>に供給する。

## 【0070】

さらに、尤度算出回路31<sub>6</sub>は、3ビットの受信信号D31を構成する2ビット目を入力し、このビットが“1”である確率の対数値である対数確率値D32<sub>6</sub> ( $\log P(R_2=1 | R)$ ) を算出する。尤度算出回路31<sub>6</sub>は、生成した対数確率値D32<sub>6</sub>を加算器32<sub>1</sub>、32<sub>2</sub>、32<sub>3</sub>及び比較器36<sub>3</sub>に供給する。

## 【0071】

加算器32<sub>1</sub>は、尤度算出回路31<sub>1</sub>から供給された対数確率値D32<sub>1</sub>と、尤度算出回路31<sub>4</sub>から供給された対数確率値D32<sub>4</sub>と、尤度算出回路31<sub>6</sub>から供給された対数確率値D32<sub>6</sub>とを加算し、尤度値D33<sub>1</sub>を生成する。すなわち、この尤度値D33<sub>1</sub>は、 $\log P(R | M_0M_1M_2=011)$ と表される確率に他ならない。加算器32<sub>1</sub>は、生成した尤度値D33<sub>1</sub>をlog-sum回路33<sub>1</sub>、33<sub>3</sub>に供給する。

## 【0072】

加算器32<sub>2</sub>は、尤度算出回路31<sub>2</sub>から供給された対数確率値D32<sub>2</sub>と、尤度算出回路31<sub>3</sub>から供給された対数確率値D32<sub>3</sub>と、尤度算出回路31<sub>6</sub>から供給された対数確率値D32<sub>6</sub>とを加算し、尤度値D33<sub>2</sub>を生成する。すなわち、この尤度値D33<sub>2</sub>は、 $\log P(R | M_0M_1M_2=101)$ と表される確率に他ならない。加算器32<sub>2</sub>は、生成した尤度値D33<sub>2</sub>をlog-sum回路

33<sub>1</sub>, 33<sub>4</sub>に供給する。

【0073】

加算器32<sub>3</sub>は、尤度算出回路31<sub>2</sub>から供給された対数確率値D32<sub>2</sub>と、尤度算出回路31<sub>4</sub>から供給された対数確率値D32<sub>4</sub>と、尤度算出回路31<sub>6</sub>から供給された対数確率値D32<sub>6</sub>とを加算し、尤度値D33<sub>3</sub>を生成する。すなわち、この尤度値D33<sub>3</sub>は、 $\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 111)$ と表される確率に他ならない。加算器32<sub>3</sub>は、生成した尤度値D33<sub>3</sub>をlog-sum回路33<sub>2</sub>, 33<sub>3</sub>に供給する。

【0074】

加算器32<sub>4</sub>は、尤度算出回路31<sub>2</sub>から供給された対数確率値D32<sub>2</sub>と、尤度算出回路31<sub>4</sub>から供給された対数確率値D32<sub>4</sub>と、尤度算出回路31<sub>5</sub>から供給された対数確率値D32<sub>5</sub>とを加算し、尤度値D33<sub>4</sub>を生成する。すなわち、この尤度値D33<sub>4</sub>は、 $\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 110)$ と表される確率に他ならない。加算器32<sub>4</sub>は、生成した尤度値D33<sub>4</sub>をlog-sum回路33<sub>2</sub>, 33<sub>4</sub>に供給する。

【0075】

log-sum回路33<sub>1</sub>は、加算器32<sub>1</sub>から供給された尤度値D33<sub>1</sub>と、加算器32<sub>2</sub>から供給された尤度値D33<sub>2</sub>とに対して、次式(4)に示す演算を行い、尤度値D34<sub>1</sub>を生成する。log-sum回路33<sub>1</sub>は、生成した尤度値D34<sub>1</sub>を加算器34<sub>1</sub>に供給する。

【0076】

【数4】

$$\begin{aligned} & \log \left( e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 011)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 101)} \right) \\ &= \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 101) \right) \\ & \dots (4) \end{aligned}$$

【0077】

log-sum回路33<sub>2</sub>は、加算器32<sub>3</sub>から供給された尤度値D33<sub>3</sub>と、加算器32<sub>4</sub>から供給された尤度値D33<sub>4</sub>とに対して、次式(5)に示す演算を行い、尤度値D34<sub>2</sub>を生成する。log-sum回路33<sub>2</sub>は、生成した尤度値D34<sub>2</sub>を加算器34<sub>2</sub>に供給する。

【0078】

【数5】

$$\begin{aligned} & \log \left( e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 111)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 110)} \right) \\ &= \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 111) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 110) \right) \\ & \dots (5) \end{aligned}$$

【0079】

log-sum回路33<sub>3</sub>は、加算器32<sub>1</sub>から供給された尤度値D33<sub>1</sub>と、加算器32<sub>3</sub>から供給された尤度値D33<sub>3</sub>とに対して、次式(6)に示す演算を行い、尤度値D34<sub>3</sub>を生成する。log-sum回路33<sub>3</sub>は、生成した尤度値D34<sub>3</sub>を加算器34<sub>3</sub>に供給する。

【0080】

【数6】

$$\begin{aligned} & \log \left( e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 011)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 111)} \right) \\ &= \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 111) \right) \\ & \dots (6) \end{aligned}$$

【 0 0 8 1 】

log-sum回路 3 3<sub>4</sub>は、加算器 3 2<sub>2</sub>から供給された尤度値 D 3 3<sub>2</sub>と、加算器 3 2<sub>4</sub>から供給された尤度値 D 3 3<sub>4</sub>とに対して、次式 (7) に示す演算を行い、尤度値 D 3 4<sub>4</sub>を生成する。log-sum回路 3 3<sub>4</sub>は、生成した尤度値 D 3 4<sub>4</sub>を加算器 3 4<sub>4</sub>に供給する。

【 0 0 8 2 】

【数 7】

$$\begin{aligned} & \log \left( e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 101)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 110)} \right) \\ &= \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 101) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 110) \right) \end{aligned}$$

... (7)

【 0 0 8 3 】

加算器 3 4<sub>1</sub>は、log-sum回路 3 3<sub>1</sub>から供給された尤度値 D 3 4<sub>1</sub>と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率 D 3 5<sub>1</sub> (log P (C<sub>0</sub> = 0)) とを加算し、対数確率値 D 3 6<sub>1</sub>を生成する。この対数確率値 D 3 6<sub>1</sub>は、次式 (8) に示す確率を表すものである。加算器 3 4<sub>1</sub>は、生成した対数確率値 D 3 6<sub>1</sub>を比較器 3 5<sub>1</sub>に供給する。

【0084】

【数8】

$$\log P(C_0=0|R) = \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 101) \right) + \log P(C_0=0)$$

... (8)

【0085】

加算器34<sub>2</sub>は、log-sum回路33<sub>2</sub>から供給された尤度値D34<sub>2</sub>と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D35<sub>2</sub> (log P(C<sub>0</sub>=1))とを加算し、対数確率値D36<sub>2</sub>を生成する。この対数確率値D36<sub>2</sub>は、次式(9)に示す確率を表すものである。加算器34<sub>2</sub>は、生成した対数確率値D36<sub>2</sub>を比較器35<sub>1</sub>に供給する。

【0086】

【数9】

$$\log P(C_0=1|R) = \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 111) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 110) \right) + \log P(C_0=1)$$

... (9)

【0087】

加算器34<sub>3</sub>は、log-sum回路33<sub>3</sub>から供給された尤度値D34<sub>3</sub>と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D35<sub>3</sub> (log P(C<sub>1</sub>=

0) ) とを加算し、対数確率値  $D 3 6_3$  を生成する。この対数確率値  $D 3 6_3$  は、次式 (10) に示す確率を表すものである。加算器  $3 4_3$  は、生成した対数確率値  $D 3 6_3$  を比較器  $3 5_2$  に供給する。

【0088】

【数 1 0】

$$\log P(C_1 = 0 | R) = \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 111) \right) + \log P(C_1 = 0) \quad \dots (10)$$

【0089】

加算器  $3 4_4$  は、 $\log - \text{sum}$  回路  $3 3_4$  から供給された尤度値  $D 3 4_4$  と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率  $D 3 5_4$  ( $\log P(C_1 = 1)$ ) とを加算し、対数確率値  $D 3 6_4$  を生成する。この対数確率値  $D 3 6_4$  は、次式 (11) に示す確率を表すものである。加算器  $3 4_4$  は、生成した対数確率値  $D 3 6_4$  を比較器  $3 5_2$  に供給する。

【0090】

【数 1 1】

$$\log P(C_1 = 1 | R) = \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 101) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 110) \right) + \log P(C_1 = 1) \quad \dots (11)$$

## 【0091】

比較器35<sub>1</sub>は、加算器34<sub>1</sub>から供給された対数確率値D36<sub>1</sub>と、加算器34<sub>2</sub>から供給された対数確率値D36<sub>2</sub>との比をとり、復号対数事後確率比D37<sub>1</sub> ( $\log (P(C_0=1 | R) / P(C_0=0 | R))$ ) を生成し、外部に出力する。

## 【0092】

比較器35<sub>2</sub>は、加算器34<sub>3</sub>から供給された対数確率値D36<sub>3</sub>と、加算器34<sub>4</sub>から供給された対数確率値D36<sub>4</sub>との比をとり、復号対数事後確率比D37<sub>2</sub> ( $\log (P(C_1=1 | R) / P(C_1=0 | R))$ ) を生成し、外部に出力する。

## 【0093】

比較器36<sub>1</sub>は、尤度算出回路31<sub>1</sub>から供給された対数確率値D32<sub>1</sub>と、尤度算出回路31<sub>2</sub>から供給された対数確率値D32<sub>2</sub>との比をとり、対数事後確率比D38<sub>1</sub> ( $\log (P(M_0=1 | R) / P(M_0=0 | R))$ ) を生成し、加算器38<sub>1</sub>に供給する。

## 【0094】

比較器36<sub>2</sub>は、尤度算出回路31<sub>3</sub>から供給された対数確率値D32<sub>3</sub>と、尤度算出回路31<sub>4</sub>から供給された対数確率値D32<sub>4</sub>との比をとり、対数事後確率比D38<sub>2</sub> ( $\log (P(M_1=1 | R) / P(M_1=0 | R))$ ) を生成し、加算器38<sub>2</sub>に供給する。

## 【0095】

比較器36<sub>3</sub>は、尤度算出回路31<sub>5</sub>から供給された対数確率値D32<sub>5</sub>と、尤度算出回路31<sub>6</sub>から供給された対数確率値D32<sub>6</sub>との比をとり、対数事後確率比D38<sub>3</sub> ( $\log (P(M_2=1 | R) / P(M_2=0 | R))$ ) を生成し、加算器38<sub>3</sub>に供給する。

## 【0096】

係数算出回路37<sub>1</sub>は、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D35<sub>1</sub>, D35<sub>2</sub>, D35<sub>3</sub>, D35<sub>4</sub>に基づいて、次式(12)で表されるM<sub>0</sub>係数、すなわち、3ビットの受信信号D31を構成する0ビット目に相当する変調



符号 $M_0$ に対する係数 $\alpha$ を算出し、 $M_0$ 係数信号 $D39_1$ を生成する。係数算出回路 $37_1$ は、生成した $M_0$ 係数信号 $D39_1$ を加算器 $38_1$ に供給する。

【0097】

【数12】

$$\alpha = \log \frac{P(C_0=0) \cdot P(C_1=1) + P(C_0=1) \cdot P(C_1=0) + P(C_0=1) \cdot P(C_1=1)}{P(C_0=0) \cdot P(C_1=0)}$$

... (12)

【0098】

係数算出回路 $37_2$ は、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率 $D35_1$ 、 $D35_2$ 、 $D35_3$ 、 $D35_4$ に基づいて、次式(13)で表される $M_1$ 係数、すなわち、3ビットの受信信号 $D31$ を構成する1ビット目に相当する変調符号 $M_1$ に対する係数 $\beta$ を算出し、 $M_1$ 係数信号 $D39_2$ を生成する。係数算出回路 $37_2$ は、生成した $M_1$ 係数信号 $D39_2$ を加算器 $38_2$ に供給する。

【0099】

【数13】

$$\beta = \log \frac{P(C_0=0) \cdot P(C_1=0) + P(C_0=1) \cdot P(C_1=0) + P(C_0=1) \cdot P(C_1=1)}{P(C_0=0) \cdot P(C_1=1)}$$

... (13)

## 【0100】

係数算出回路37<sub>3</sub>は、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D35<sub>1</sub>、D35<sub>2</sub>、D35<sub>3</sub>、D35<sub>4</sub>に基づいて、次式(14)で表されるM<sub>2</sub>係数、すなわち、3ビットの受信信号D31を構成する2ビット目に相当する変調符号M<sub>2</sub>に対する係数 $\gamma$ を算出し、M<sub>2</sub>係数信号D39<sub>3</sub>を生成する。係数算出回路37<sub>3</sub>は、生成したM<sub>2</sub>係数信号D39<sub>3</sub>を加算器38<sub>3</sub>に供給する。

## 【0101】

【数14】

$$\gamma = \log \frac{P(C_0=0) \cdot P(C_1=0) + P(C_0=0) \cdot P(C_1=1) + P(C_0=1) \cdot P(C_1=0)}{P(C_0=1) \cdot P(C_1=1)}$$

... (14)

## 【0102】

加算器38<sub>1</sub>は、比較器36<sub>1</sub>から供給された対数事後確率比D38<sub>1</sub>と、係数算出回路37<sub>1</sub>から供給されたM<sub>0</sub>係数信号D39<sub>1</sub>とを加算する。加算器38<sub>1</sub>は、加算して生成した復号チャネル対数事後確率比信号D40<sub>1</sub>( $\log (P(M_0=1 | R) / P(M_0=0 | R))$ )を外部に出力する。

## 【0103】

加算器38<sub>2</sub>は、比較器36<sub>2</sub>から供給された対数事後確率比D38<sub>2</sub>と、係数算出回路37<sub>2</sub>から供給されたM<sub>1</sub>係数信号D39<sub>2</sub>とを加算する。加算器38<sub>2</sub>は、加算して生成した復号チャネル対数事後確率比信号D40<sub>2</sub>( $\log (P(M_1=1 | R) / P(M_1=0 | R))$ )を外部に出力する。

## 【0104】

加算器38<sub>3</sub>は、比較器36<sub>3</sub>から供給された対数事後確率比D38<sub>3</sub>と、係数算出回路37<sub>3</sub>から供給されたM<sub>1</sub>係数信号D39<sub>3</sub>とを加算する。加算器38<sub>3</sub>は

、加算して生成した復号チャネル対数事後確率比信号  $D40_3$  ( $\log (P(M_2=1 | R) / P(M_2=0 | R))$ ) を外部に出力する。

## 【0105】

このような各部を有する復号器30は、伝送過程において発生したノイズの影響によりアナログ値をとり軟入力とされる受信信号  $D31(R)$  における各受信ビット、すなわち、変調符号化側での各出力符号語に対する尤度算出回路  $31_1, 31_2, 31_3, 31_4, 31_5, 31_6$  を有し、これらの尤度算出回路  $31_1, 31_2, 31_3, 31_4, 31_5, 31_6$  により各出力符号語の尤度を求め、得られた尤度値を用いることによって、変調符号化側での入力ビット及び出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を実直に求めることができる。

## 【0106】

なお、復号器30は、対数事前確率  $D35_1, D35_2, D35_3, D35_4$  を外部から入力するが、図示しない変調符号化器に入力されるバイナリ信号を構成する各ビットが“0”である確率と“1”である確率とが均等である場合には、対数事前確率  $D35_1, D35_2, D35_3, D35_4$  を入力する必要はなく、これらの対数事前確率  $D35_1, D35_2, D35_3, D35_4$  の値が全て“0”であるように扱えばよい。

## 【0107】

また、復号器30は、2ビットの入力ビットから3ビットの出力ビットに変調符号化されたデータの復号を行うものとして説明したが、復号器としては、入力ビット及び／又は出力ビット数に拘泥することなく、入力ビット及び／又は出力ビット数に対応した同様の構成でもよい。

## 【0108】

さて、これらのようなインターリーバ及び復号器を適用した磁気記録再生装置について図5を用いて説明する。

## 【0109】

同図に示す磁気記録再生装置50は、データを記録媒体70に記録するための記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器51と、入力したデータに対して変調符号化を施す変調符号化器52と、入力し

たデータの順序を並べ替えるインターリーバ53と、入力したデータに対してチャンネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコーダ54と、入力したデータの各ビットを書き込み電流値に変換する書き込み電流ドライバ55と、記録媒体70に対してデータを記録するための書き込みヘッド56とを備える。

#### 【0110】

誤り訂正符号化手段である誤り訂正符号化器51は、入力データD51に対して誤り訂正符号化を施す。誤り訂正符号化器51は、誤り訂正符号化して生成した誤り訂正符号化データD52を後段の変調符号化器52に供給する。

#### 【0111】

変調符号化手段である変調符号化器52は、誤り訂正符号化器51から供給された誤り訂正符号化データD52に対して所定の変調符号化を施し、制限が加えられた系列である変調符号化データD53を生成する。変調符号化器52は、生成した変調符号化データD53を後段のインターリーバ53に供給する。

#### 【0112】

(第1の) 攪拌手段であるインターリーバ53は、上述したインターリーバ10として構成されるものであり、変調符号化器52によりブロック変調による符号化がなされた変調符号化データD53を変調符号ブロック単位で攪拌し、変調符号化データD53を構成する各ビットの順序を並べ替える。インターリーバ53は、生成したインターリーブデータD54を後段のプリコーダ54に供給する。

#### 【0113】

プリコード手段であるプリコーダ54は、インターリーバ53から供給されたインターリーブデータD54に対して、記録媒体70へのデータの書き込みから後述する再生系における等化器58における出力までのチャンネル特性を補償するようなフィルタリングを施し、バイナリ信号であるプリコード信号D55を生成する。例えば、プリコーダ54は、チャンネルが1-Dの特性を有する場合には、次式(15)で表されるフィルタリングFを施す。プリコーダ54は、生成したプリコード信号D55を後段の書き込み電流ドライバ55に供給する。

【0 1 1 4】

【数 1 5】

$$F = 1/(1 \oplus D) \quad (\oplus \text{ は、排他的論理和}) \quad \dots (15)$$

【0 1 1 5】

書き込み電流ドライバ 5 5 は、プリコーダ 5 4 から供給されたプリコード信号 D 5 5 に対して、 $0 \rightarrow -I_s$ ,  $1 \rightarrow +I_s$  とするように、各ビットを書き込み電流値  $I_s$  に変換し、書き込み電流信号 D 5 6 を生成する。書き込み電流ドライバ 5 5 は、生成した書き込み電流信号 D 5 6 を後段の書き込みヘッド 5 6 に供給する。

【0 1 1 6】

書き込みヘッド 5 6 は、書き込み電流ドライバ 5 5 から供給された書き込み電流信号 D 5 6 に応じた書き込み磁化信号 D 5 7 を記録媒体 7 0 に対して与えることによって、記録媒体 7 0 に対してデータを記録する。

【0 1 1 7】

このような磁気記録再生装置 5 0 における記録系は、記録媒体 7 0 に対してデータを記録する場合には、入力データ D 5 1 に対して誤り訂正符号化器 5 1 により誤り訂正符号化を施した後、誤り訂正符号化データ D 5 2 に対して変調符号化器 5 2 により所定の変調符号化を施し、変調符号化データ D 5 3 をインターリーバ 5 3 により変調符号ブロック単位で攪拌し、プリコーダ 5 4 によりプリコード信号 D 5 5 を生成する。

【0 1 1 8】

そして、この記録系は、プリコーダ 5 4 により生成されたプリコード信号 D 5

5 を、書き込み電流ドライバ 5 5 及び書き込みヘッド 5 6 を介して記録媒体 7 0 に記録する。

#### 【 0 1 1 9 】

このように、磁気記録再生装置 5 0 における記録系は、変調符号化器 5 2 の後段にインターリーバ 5 3 を備えて、変調符号化器 5 2 とプリコーダ 5 4 との間で縦列連接符号による符号化を行うことによって、誤り訂正符号化以降の変調符号化及びチャネルに対する符号化として、高性能の符号化を実現することができる。

#### 【 0 1 2 0 】

一方、磁気記録再生装置 5 0 は、記録媒体 7 0 に記録されているデータを再生するための再生系として、記録媒体 7 0 に記録されているデータを読み出すための読み出しヘッド 5 7 と、入力したデータを等化する等化器 5 8 と、入力したデータの利得を調整する利得調整回路 5 9 と、アナログデータをデジタルデータに変換するアナログ-デジタル変換器（以下、A/D と記す。）6 0 と、クロックを再生するタイミング再生回路 6 1 と、利得調整回路 5 9 を制御する利得調整コントロール回路 6 2 と、入力したデータに対してターボ復号を施すチャネル及び変調ターボ復号器 6 3 と、入力したデータに対して誤り訂正軟復号を施す誤り訂正軟復号器 6 4 とを備える。

#### 【 0 1 2 1 】

読み出しヘッド 5 7 は、記録媒体 7 0 から読み出し磁化信号 D 5 8 を読み出し、この読み出し磁化信号 D 5 8 に応じた読み出し電流信号 D 5 9 を生成する。読み出しヘッド 5 7 は、生成した読み出し電流信号 D 5 9 を後段の等化器 5 8 に供給する。

#### 【 0 1 2 2 】

等化器 5 8 は、読み出しヘッド 5 7 から供給された読み出し電流信号 D 5 9 に対して、記録系における記録媒体 7 0 へのデータの書き込みから当該等化器 5 8 における出力までのチャネル応答が所定の特性、例えば  $1 - D$  となるように等化を行い、等化信号 D 6 0 を生成する。等化器 5 8 は、生成した等化信号 D 6 0 を後段の利得調整回路 5 9 に供給する。

## 【 0 1 2 3 】

利得調整回路 5 9 は、利得調整コントロール回路 6 2 から供給される利得調整コントロール信号 D 6 4 に基づいて、等化器 5 8 から供給された等化信号 D 6 0 の利得を調整し、利得調整信号 D 6 1 を生成する。利得調整回路 5 9 は、生成した利得調整信号 D 6 1 を後段の A / D 6 0 に供給する。

## 【 0 1 2 4 】

A / D 6 0 は、タイミング再生回路 6 1 から供給されるクロック信号 D 6 3 に基づいて、利得調整回路 5 9 から供給された利得調整信号 D 6 1 のサンプリングを行い、利得調整信号 D 6 1 をデジタル化してデジタルチャネル信号 D 6 2 を生成する。A / D 6 0 は、生成したデジタルチャネル信号 D 6 2 をタイミング再生回路 6 1、利得調整コントロール回路 6 2、及び、チャネル及び変調ターボ復号器 6 3 に供給する。

## 【 0 1 2 5 】

タイミング再生回路 6 1 は、A / D 6 0 から供給されるデジタルチャネル信号 D 6 2 からクロックを再生し、クロック信号 D 6 3 を生成する。タイミング再生回路 6 1 は、生成したクロック信号 D 6 3 を A / D 6 0 に供給する。

## 【 0 1 2 6 】

利得調整コントロール回路 6 2 は、A / D 6 0 から供給されるデジタルチャネル信号 D 6 2 に基づいて、等化信号 D 6 0 の振幅を期待される値に保つための制御信号である利得調整コントロール信号 D 6 4 を生成する。利得調整コントロール回路 6 2 は、生成した利得調整コントロール信号 D 6 4 を利得調整回路 5 9 に供給する。

## 【 0 1 2 7 】

チャネル及び変調ターボ復号器 6 3 は、上述した復号器 2 0、3 0 として構成される S I S O 型の復号器を接続してターボ復号を行うものである。チャネル及び変調ターボ復号器 6 3 は、後に詳述するが、A / D 6 0 から供給されるデジタルチャネル信号 D 6 2 を入力してターボ復号を行い、生成したターボ復号信号 D 6 5 を後段の誤り訂正軟復号器 6 4 に供給する。

## 【0128】

誤り訂正軟復号手段である誤り訂正軟復号器64は、チャネル及び変調ターボ復号器63から供給されるターボ復号信号D65に対して、いわゆるBCJR (Bahl, Cocke, Jelinek and Raviv) アルゴリズムやSOVA (Soft Output Viterbi Algorithm) アルゴリズム等に基づく誤り訂正符号の軟復号を行い、軟出力又は硬出力 (hard output) の出力データD66として外部に出力する。

## 【0129】

ここで、チャネル及び変調ターボ復号器63について図6を用いて詳述する。

## 【0130】

チャネル及び変調ターボ復号器63は、同図に示すように、記録系におけるプリコーダ54の前段から再生系における等化器58における出力までのチャネル応答に対する復号を行うSISO型の復号器であるチャネルSISO復号器81と、入力したデータの順序を元に戻すデインターリーバ83と、入力したデータに対して変調復号を施すSISO型の復号器である変調SISO復号器84と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーバ86と、情報ビットに対する事前確率情報として入力するデータを切り替えるための切替スイッチ87と、2つの差分器82, 85とを有する。

## 【0131】

チャネル復号手段であるチャネルSISO復号器81は、上述した復号器20, 30として構成されるものであり、SISO型の復号器である。チャネルSISO復号器81は、A/D60から供給された軟入力であるデジタルチャネル信号D62と、インターリーバ86から供給された軟入力である情報ビットに対する事前確率情報信号D76又は値が“0”である情報ビットに対する事前確率情報信号D77のうち、切替スイッチ87により選択された事前確率情報信号D78とを入力し、記録系におけるプリコーダ54の前段から再生系における等化器58における出力までのチャネル応答、例えば次式(16)で表されるチャネル応答 $R_{ch}$ に対して、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく軟出力復号を行う。ここで、プリコーダ54によるプリコード前のインターリーブデータD54を $C(t)$  ( $0 \leq t \leq N$ ) と表すと、チャネルSISO



復号器 81 は、この  $C(t)$  に対する事後確率情報である対数事後確率比  $\log(P(C(t)=1)/P(C(t)=0))$  を算出し、この対数事後確率比をチャンネル復号信号 D71 として後段の差分器 82 に供給する。

【0132】

【数 16】

$$R_{ch} = (1 - D) / (1 \oplus D) \quad (\oplus \text{ は、排他的論理和}) \quad \dots (16)$$

【0133】

なお、チャンネル SISO 復号器 81 としては、上述した復号器 20, 30 として構成されるものに限らず、SISO 型の復号器として構成されるものであればよく、例えば、チャンネル応答に対応するトレリスに基づいて、上述した BCJR アルゴリズムや SOVA アルゴリズム等に基づく軟出力復号を行うものであってもよい。

【0134】

差分器 82 は、チャンネル SISO 復号器 81 から供給されて軟入力とされるチャンネル復号信号 D71 と、インターリーブ 86 から供給されて軟入力とされる事前確率情報信号 D76 との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求まる情報ビットに対する外部情報 (extrinsic information) であるチャンネル外部情報信号 D72 として後段のデインターリーブ 83 に軟出力として出力する。なお、このチャンネル外部情報信号 D72 は、記録系におけるインターリーブ 53 によりインターリーブされたインターリーブデータ D54 に対応するものである。

## 【 0 1 3 5 】

逆攪拌手段であるデインターリーブ 8 3 は、記録系におけるインターリーブ 5 3 によりインターリーブされたインターリーブデータ D 5 4 のビット配列を、それぞれ、元の変調符号化データ D 5 3 のビット配列に戻すように、差分器 8 2 から供給される軟入力チャンネル外部情報信号 D 7 2 にデインターリーブを施す。デインターリーブ 8 3 は、デインターリーブして得られたデータを変調 S I S O 復号器 8 4 における符号ビットに対する事前確率情報であるデインターリーブ信号 D 7 3 として、変調 S I S O 復号器 8 4 及び差分器 8 5 に供給する。

## 【 0 1 3 6 】

変調復号手段である変調 S I S O 復号器 8 4 は、上述した復号器 2 0, 3 0 として構成されるものであり、S I S O 型の復号器である。ここで、記録系における変調符号化器 5 2 により符号化率が  $R = K / N$  の変調符号化が施され、変調符号化器 5 2 による変調符号化後の変調符号化データ D 5 3 を  $M(t)$  ( $0 \leq t < N$ )、変調符号化器 5 2 による変調符号化前の誤り訂正符号化データ D 5 2 を  $E(t)$  ( $0 \leq t < K$ ) と表すものとする。変調 S I S O 復号器 8 4 は、デインターリーブ 8 3 から供給される軟入力であるデインターリーブ信号 D 7 3 を入力し、このデインターリーブ信号 D 7 3 をチャンネルからの入力として、 $M(t)$  に対する事後確率情報である対数事後確率比  $\log(P(M(t)=1)/P(M(t)=0))$  を算出し、この対数事後確率比を変調チャンネル復号信号 D 7 4 として差分器 8 5 に供給するとともに、 $E(t)$  に対する事後確率情報である対数事後確率比  $\log(P(E(t)=1)/P(E(t)=0))$  を算出し、この対数事後確率比をターボ復号信号 D 6 5 として誤り訂正軟復号器 6 4 に供給する。

## 【 0 1 3 7 】

差分器 8 5 は、変調 S I S O 復号器 8 4 から供給されて軟入力とされる変調チャンネル復号信号 D 7 4 と、デインターリーブ 8 3 から供給されて軟入力とされるデインターリーブ信号 D 7 3 との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求まる符号ビットに対する外部情報である変調外部情報信号 D 7 5 として後段のインターリーブ 8 6 に軟出力として出力する。

## 【 0 1 3 8 】

第 2 の攪拌手段であるインターリーブ 8 6 は、差分器 8 5 から供給された軟入力である変調外部情報信号 D 7 5 に対して、記録系におけるインターリーブ 5 3 と同一の攪拌位置情報に基づいたインターリーブを施す。インターリーブ 8 6 は、インターリーブして得られたデータをチャンネル S I S O 復号器 8 1 における情報ビットに対する事前確率情報信号 D 7 6 として、チャンネル S I S O 復号器 8 1 及び差分器 8 2 に供給する。

## 【 0 1 3 9 】

切替スイッチ 8 7 は、復号の初期時には、事前確率情報信号 D 7 7 である 0 値を供給する被選択端子 a と連結することによって、チャンネル S I S O 復号器 8 1 における情報ビットに対する事前確率情報信号 D 7 8 として、事前確率情報信号 D 7 7 を選択する。そして、切替スイッチ 8 7 は、それ以降では、インターリーブ 8 6 から供給される事前確率情報信号 D 7 6 を供給する被選択端子 b と連結し、事前確率情報信号 D 7 8 として、事前確率情報信号 D 7 6 を選択する。

## 【 0 1 4 0 】

このように構成されるチャンネル及び変調ターボ復号器 6 3 は、記録系における変調符号化器 5 2 及びプリコーダ 5 4 のそれぞれに対応する変調 S I S O 復号器 8 4 及びチャンネル S I S O 復号器 8 1 を備えることによって、復号複雑度が高い符号を複雑度の小さい要素に分解し、チャンネル S I S O 復号器 8 1 及び変調 S I S O 復号器 8 4 の間の相互作用により特性を逐次的に向上させることができる。チャンネル及び変調ターボ復号器 6 3 は、A / D 6 0 から供給される軟入力であるデジタルチャンネル信号 D 6 2 を入力すると、チャンネル S I S O 復号器 8 1 乃至変調 S I S O 復号器 8 4 の復号動作を例えば数回乃至数十回といった所定の回数だけ反復して行い、所定の回数の復号動作の結果得られた軟出力の対数事後確率比を、ターボ復号信号 D 6 5 として後段の誤り訂正軟復号器 6 4 に供給する。

## 【 0 1 4 1 】

このような磁気記録再生装置 5 0 における再生系は、記録媒体 7 0 に記録されているデータを再生する場合には、読み出しヘッド 5 7、等化器 5 8、利得調整回路 5 9 及び A / D 6 0 を経て生成された軟入力とされるデジタルチャンネル信

号 D 6 2 を、チャネル及び変調ターボ復号器 6 3 によりターボ復号し、記録系における変調符号化器 5 2 に入力された誤り訂正符号化データ D 5 2 に対応するターボ復号信号 D 6 5 を生成する。

【 0 1 4 2 】

そして、この再生系は、チャネル及び変調ターボ復号器 6 3 により生成されたターボ復号信号 D 6 5 に対して誤り訂正軟復号器 6 4 により誤り訂正符号の軟復号を行い、得られた軟出力であるデータをそのまま出力データ D 6 6 として外部に出力するか、若しくは、軟出力であるデータを 2 値化して硬出力の出力データ D 6 6 を生成し、外部に出力する。

【 0 1 4 3 】

このように、磁気記録再生装置 5 0 における再生系は、チャネル及び変調ターボ復号器 6 3 を備えて、記録系における変調符号化器 5 2 及びプリコード 5 4 のそれぞれに対応する変調 S I S O 復号器 8 4 及びチャネル S I S O 復号器 8 1 の間でターボ復号を行うことによって、チャネル応答及び変調符号化に対応する復号を実現することができる。

【 0 1 4 4 】

以上のように、磁気記録再生装置 5 0 は、記録系において、変調符号化器 5 2 の後段にインターリーバ 5 3 を備えて、変調符号化器 5 2 とプリコード 5 4 との間で縦列連接符号による符号化を行い、再生系において、チャネル及び変調ターボ復号器 6 3 を備えて、ターボ復号を行うことによって、高性能の符号化を実現するとともに、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよいターボ復号を行うことができ、情報を削減する必要がないことから、結果として復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。

【 0 1 4 5 】

つぎに、第 2 の実施の形態として示す磁気記録再生装置について説明する。この磁気記録再生装置は、少なくとも変調符号化及び復号の際に、ブロック単位での符号化及び復号を行うのではなく、前後のデータに相関を持たせて符号化するとともに、制約条件に対応したトレリス復号を行うものである。

## 【0146】

ここではまず、この磁気記録再生装置の記録系に適用するインターリーブについて説明する。

## 【0147】

この記録系に適用するインターリーブとしては、先に図1に示したインターリーブ10と同様に構成され、トレリスの変調符号ブロック単位でデータを攪拌し、データを構成する各ビットの順序を並べ替えるものが考えられる。ここで、インターリーブによって、表3に示した変換テーブルにしたがって、2ビットの入力ビットに対して3ビットの出力ビットを生成する変調符号化がなされたデータを構成する各ビットの順序を並べ替えることを考える。この場合、変調符号化がなされたデータが満たす制約条件が $(d, k) = (0, 2)$ 制限であるならば、インターリーブは、 $(d, k) = (0, 4)$ 制限を満たす系列を生成する。

## 【0148】

なお、インターリーブとしては、トレリスの変調符号ブロック単位でデータを攪拌するものに限らず、インターリーブ後に所定の制約条件を満たすようにデータを攪拌するものであれば、いかなるものでも適用することができる。

## 【0149】

つぎに、磁気記録再生装置の記録系に適用する符号化器及び再生系に適用するSISO型の復号器について図7乃至図10を参照して説明する。なお、これらの符号化器及び復号器は、それぞれ、変調符号化及び変調復号するものとして示されるものであるが、チャンネルに対する符号化器及び復号器も、それぞれ、同様の構成で実現されるものであることをここで断っておく。

## 【0150】

磁気記録再生装置は、共通のトレリスを元にして変調符号化及び変調復号を行う。一般に、トレリスの構造は、変調符号に加わる制限に応じて変化するが、ここでは、符号化率 $R = 2/3$ の $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす変調符号化及び変調復号について説明する。

## 【0151】

$(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす符号を生成するための状態遷移図は、図

7に示すように表すことができる。同図において、 $S_0$ 、 $S_1$ 、 $S_2$ は、それぞれ、各状態を示し、各状態間に付されたラベルは、それぞれ、状態遷移が行われた際に出力されるビットを示すものとする。例えば、“ $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2$ ”という状態遷移が行われた場合には、出力されるビット系列は、“00”となる。この状態遷移図にしたがった状態遷移が行われた場合に出力されるビット系列は、必ず $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす。

## 【0152】

ここで、2ビットの入力に対して3ビットの変調符号を出力する符号化率 $R = 2/3$ の変調符号化を行うことを考える。この場合、 $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす変調符号を生成するには、同図に示す状態遷移図にしたがって3回ずつ状態遷移し、その際の出力を変調符号とすればよいことは明らかである。

## 【0153】

このように同図に示す状態遷移図にしたがって3回状態遷移した際のトレリス、すなわち、状態遷移図を時間方向に展開して得られるダイアグラムは、図8に示すようになる。例えば、同図に示すトレリスにおいて、最上部に位置する枝は、状態 $S_2$ から3回状態遷移して再び状態 $S_2$ に至る経路が1通り存在し、その場合の出力が“100”であることを示している。

## 【0154】

さらにここで、2ビットの入力に対して3ビットの変調符号を出力する変調符号化を行う場合には、各状態から $2^2 = 4$ 本の枝を選択し、これらの枝を2ビットの入力である“00, 01, 10, 11”に割り振ることによって、入力と出力とを対応付けたトレリスを構成することができる。このように、枝の選択を行って構成されたトレリスは、図9に示すようになる。同図において、各状態間に付されたラベルは、それぞれ、入力／出力を示している。例えば、同図に示すトレリスにおいて、 $S_0 \rightarrow S_2$ を示す1本の枝は、状態 $S_0$ の際に“11”を入力した場合には、“100”を出力して状態 $S_2$ に状態遷移することを示している。

## 【0155】

第2の実施の形態として示す磁気記録再生装置に適用する符号化器は、このよ

うな手順により構成されたトレリスにしたがって状態遷移を繰り返して符号化を行い、入力データ間に相関のある変調符号系列を生成することとなる。このような符号化器としては、具体的には、例えば図10に示すような各部を有するものが考えられる。

## 【0156】

同図に示す符号化器90は、当該符号化器90の状態（ステート）を保持するステートレジスタ91と、次に遷移すべき次状態を算出する次ステート算出回路92と、出力信号D94を算出する出力信号算出回路93とを有する。

## 【0157】

ステートレジスタ91は、2ビットのレジスタであり、現在の符号化器90の状態を表す2ビットを保持する。ステートレジスタ91は、次ステート算出回路92から供給される次状態信号D93に基づく次状態を表す2ビットを保持するのにもなって、現在の状態を表す2ビットを示す状態信号D92を次ステート算出回路92及び出力信号算出回路93に供給する。

## 【0158】

次ステート算出回路92は、入力信号D91と、ステートレジスタ91から供給される状態信号D92とを入力すると、例えば次表4に示す入出力対応表にしたがって次状態を算出する。次ステート算出回路92は、次状態を示す次状態信号D93をステートレジスタ91に供給する。

【 0 1 5 9 】

【 表 4 】

表 4 入出力対応表の一例

状態信号	入力信号	次状態信号
0	00	0
0	01	1
0	10	1
0	11	2
1	00	1
1	01	0
1	10	0
1	11	2
2	00	2
2	01	0
2	10	0
2	11	1
3	00	0
3	01	0
3	10	0
3	11	0

【 0 1 6 0 】

出力信号算出回路 9 3 は、入力信号 D 9 1 と、ステートレジスタ 9 1 から供給される状態信号 D 9 2 とを入力すると、例えば次表 5 に示す入出力対応表にしたがって出力信号 D 9 4 を算出して出力する。なお、この出力信号 D 9 4 は、 $(d, k) = (0, 2)$  制限を満たすものである。



【 0 1 6 1 】

【表 5】

表 5 入出力対応表の一例

状態信号	入力信号	出力信号
0	00	111
0	01	110
0	10	010
0	11	100
1	00	110
1	01	011
1	10	111
1	11	100
2	00	100
2	01	101
2	10	111
2	11	110
3	00	111
3	01	111
3	10	111
3	11	111

【 0 1 6 2 】

このような符号化器 9 0 は、入力信号 D 9 1 を入力すると、次ステート算出回路 9 3 によって、この入力信号 D 9 1 と、状態信号 D 9 2 とを用いて次状態を算出し、ステートレジスタ 9 1 に逐次保持させる。そして、符号化器 9 0 は、出力信号算出回路 9 3 によって、入力信号 D 9 1 と、状態信号 D 9 2 とを用いて出力信号 D 9 4 を算出し、外部に出力する。

## 【 0 1 6 3 】

なお、符号化器 9 0 においては、状態 S 3 が存在しないため、当該符号化器 9 0 のリセット前に状態 S 3 に遷移した場合には、表 5 に基づいて即座に “ 1 1 1 ” を出力信号 D 9 4 として出力し、状態 S 0 に復帰する機能を実現している。

## 【 0 1 6 4 】

一方、このような符号化器により符号化された信号を復号する復号器としては、先に図 9 に示したトレリスに基づいて、BCJR アルゴリズムや SOVA アルゴリズム等に基づく復号を適用するものとする。磁気記録再生装置においては、このような復号器とすることによって、符号化器における信号の相関を利用したトレリス復号を行うことができる。

## 【 0 1 6 5 】

特に、磁気記録再生装置においては、トレリス復号を行う場合に、復号器として、BCJR アルゴリズム又は SOVA アルゴリズム等の SISO 型復号を行うことによって、軟情報を利用した復号を行うことができ、復号誤り率を向上させることができる。

## 【 0 1 6 6 】

これらのようなインターリーバ、符号化器及び復号器を適用した磁気記録再生装置について図 1 1 を用いて説明する。

## 【 0 1 6 7 】

同図に示す磁気記録再生装置 1 0 0 は、データを記録媒体 7 0 に記録するための記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器 1 0 1 と、入力したデータに対して変調符号化を施す変調符号化器 1 0 2 と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーバ 1 0 3 と、入力したデータに対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコーダ 1 0 4 と、入力したデータの各ビットを書き込み電流値に変換する書き込み電流ドライバ 1 0 5 と、記録媒体 7 0 に対してデータを記録するための書き込みヘッド 1 0 6 とを備える。

## 【 0 1 6 8 】

誤り訂正符号化手段である誤り訂正符号化器 1 0 1 は、上述した磁気記録再生

装置 5 0 における誤り訂正符号化器 5 1 と同様に、入力データ D 1 0 1 に対して誤り訂正符号化を施す。誤り訂正符号化器 1 0 1 は、誤り訂正符号化して生成した誤り訂正符号化データ D 1 0 2 を後段の変調符号化器 1 0 2 に供給する。

#### 【 0 1 6 9 】

変調符号化手段である変調符号化器 1 0 2 は、上述した符号化器 9 0 として構成されるものであり、トレリスにしたがって状態遷移を繰り返して符号化を行い、入力データ間に相関のある変調符号系列を生成する変調符号化器である。変調符号化器 1 0 2 は、誤り訂正符号化器 1 0 1 から供給された誤り訂正符号化データ D 1 0 2 に対して所定のトレリス変調符号化を施し、制限が加えられた系列である変調符号化データ D 1 0 3 を生成する。変調符号化器 1 0 2 は、生成した変調符号化データ D 1 0 3 を後段のインターリーバ 1 0 3 に供給する。

#### 【 0 1 7 0 】

(第 1 の) 攪拌手段であるインターリーバ 1 0 3 は、変調符号化器 1 0 2 によりトレリス変調符号化がなされた変調符号化データ D 1 0 3 をトレリスの変調符号ブロック単位で攪拌し、変調符号化データ D 1 0 3 を構成する各ビットの順序を並べ替える。インターリーバ 1 0 3 は、生成したインターリーブデータ D 1 0 4 を後段のプリコーダ 1 0 4 に供給する。

#### 【 0 1 7 1 】

プリコード手段であるプリコーダ 1 0 4 は、上述した磁気記録再生装置 5 0 におけるプリコーダ 5 4 と同様に、インターリーバ 1 0 3 から供給されたインターリーブデータ D 1 0 4 に対して、記録媒体 7 0 へのデータの書き込みから再生系における等化器 1 0 8 における出力までのチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施し、バイナリ信号であるプリコード信号 D 1 0 5 を生成する。プリコーダ 1 0 4 は、生成したプリコード信号 D 1 0 5 を後段の書き込み電流ドライバ 1 0 5 に供給する。

#### 【 0 1 7 2 】

書き込み電流ドライバ 1 0 5 は、上述した磁気記録再生装置 5 0 における書き込み電流ドライバ 5 5 と同様に、プリコーダ 1 0 4 から供給されたプリコード信号 D 1 0 5 に対して、各ビットを書き込み電流値  $I_s$  に変換し、書き込み電流信

号D106を生成する。書き込み電流ドライバ105は、生成した書き込み電流信号D106を後段の書き込みヘッド106に供給する。

## 【0173】

書き込みヘッド106は、上述した磁気記録再生装置50における書き込みヘッド56と同様に、書き込み電流ドライバ105から供給された書き込み電流信号D106に応じた書き込み磁化信号D107を記録媒体70に対して与えることによって、記録媒体70に対してデータを記録する。

## 【0174】

このような磁気記録再生装置100における記録系は、記録媒体70に対してデータを記録する場合には、入力データD101に対して誤り訂正符号化器101により誤り訂正符号化を施した後、誤り訂正符号化データD102に対して変調符号化器102により所定のトレリス変調符号化を施し、変調符号化データD103をインターリーバ103によりトレリスの変調符号ブロック単位で攪拌し、プリコーダ104によりプリコード信号D105を生成する。

## 【0175】

そして、この記録系は、プリコーダ104により生成されたプリコード信号D105を、書き込み電流ドライバ105及び書き込みヘッド106を介して記録媒体70に記録する。

## 【0176】

このように、磁気記録再生装置100における記録系は、変調符号化器102の後段にインターリーバ103を備えて、変調符号化器102とプリコーダ104との間で縦列連接符号による符号化を行うことによって、誤り訂正符号化以降の変調符号化及びチャネルに対する符号化として、高性能の符号化を実現することができる。

## 【0177】

一方、磁気記録再生装置100は、記録媒体70に記録されているデータを再生するための再生系として、記録媒体70に記録されているデータを読み出すための読み出しヘッド107と、入力したデータを等化する等化器108と、入力したデータの利得を調整する利得調整回路109と、アナログデータをディジタ

ルデータに変換するA/D110と、クロックを再生するタイミング再生回路111と、利得調整回路109を制御する利得調整コントロール回路112と、入力したデータに対してターボ復号を施すチャネル及び変調ターボ復号器113と、入力したデータに対して誤り訂正軟復号を施す誤り訂正軟復号器104とを備える。

## 【0178】

読み出しヘッド107は、上述した磁気記録再生装置50における読み出しヘッド57と同様に、記録媒体70から読み出し磁化信号D108を読み出し、この読み出し磁化信号D108に応じた読み出し電流信号D109を生成する。読み出しヘッド107は、生成した読み出し電流信号D109を後段の等化器108に供給する。

## 【0179】

等化器108は、上述した磁気記録再生装置50における等化器58と同様に、読み出しヘッド107から供給された読み出し電流信号D109に対して、記録系における記録媒体70へのデータの書き込みから当該等化器108における出力までのチャネル応答が所定の特性となるように等化を行い、等化信号D110を生成する。等化器108は、生成した等化信号D110を後段の利得調整回路109に供給する。

## 【0180】

利得調整回路109は、上述した磁気記録再生装置50における利得調整回路59と同様に、利得調整コントロール回路112から供給される利得調整コントロール信号D114に基づいて、等化器108から供給された等化信号D110の利得を調整し、利得調整信号D111を生成する。利得調整回路109は、生成した利得調整信号D111を後段のA/D110に供給する。

## 【0181】

A/D110は、上述した磁気記録再生装置50におけるA/D60と同様に、タイミング再生回路111から供給されるクロック信号D113に基づいて、利得調整回路109から供給された利得調整信号D111のサンプリングを行い、利得調整信号D111をデジタル化してデジタルチャネル信号D112を

生成する。A/D 1 1 0 は、生成したデジタルチャネル信号 D 1 1 2 をタイミング再生回路 1 1 1、利得調整コントロール回路 1 1 2、及び、チャネル及び変調ターボ復号器 1 1 3 に供給する。

#### 【0 1 8 2】

タイミング再生回路 1 1 1 は、上述した磁気記録再生装置 5 0 におけるタイミング再生回路 6 1 と同様に、A/D 1 1 0 から供給されるデジタルチャネル信号 D 1 1 2 からクロックを再生し、クロック信号 D 1 1 3 を生成する。タイミング再生回路 1 1 1 は、生成したクロック信号 D 1 1 3 を A/D 1 1 0 に供給する。

#### 【0 1 8 3】

利得調整コントロール回路 1 1 2 は、上述した磁気記録再生装置 5 0 における利得調整コントロール回路 6 2 と同様に、A/D 1 1 0 から供給されるデジタルチャネル信号 D 1 1 2 に基づいて、等化信号 D 1 1 0 の振幅を期待される値に保つための制御信号である利得調整コントロール信号 D 1 1 4 を生成する。利得調整コントロール回路 1 1 2 は、生成した利得調整コントロール信号 D 1 1 4 を利得調整回路 1 0 9 に供給する。

#### 【0 1 8 4】

チャネル及び変調ターボ復号器 1 1 3 は、上述した磁気記録再生装置 5 0 におけるチャネル及び変調ターボ復号器 6 3 と同様に、S I S O 型の復号器を接続してターボ復号を行うものである。チャネル及び変調ターボ復号器 1 1 3 は、後に詳述するが、A/D 1 1 0 から供給されるデジタルチャネル信号 D 1 1 2 を入力してターボ復号を行い、生成したターボ復号信号 D 1 1 5 を後段の誤り訂正軟復号器 1 1 4 に供給する。

#### 【0 1 8 5】

誤り訂正軟復号手段である誤り訂正軟復号器 1 1 4 は、上述した磁気記録再生装置 5 0 における誤り訂正軟復号器 5 4 と同様に、チャネル及び変調ターボ復号器 1 1 3 から供給されるターボ復号信号 D 1 1 5 に対して、上述した B C J R アルゴリズムや S O V A アルゴリズム等に基づく誤り訂正符号の軟復号を行い、軟出力又は硬出力の出力データ D 1 1 6 として外部に出力する。

## 【0186】

ここで、チャンネル及び変調ターボ復号器113について図12を用いて詳述する。

## 【0187】

チャンネル及び変調ターボ復号器113は、同図に示すように、記録系におけるプリコード104の前段から再生系における等化器108における出力までのチャンネル応答に対する復号を行うSISO型の復号器であるチャンネルSISO復号器121と、入力したデータの順序を元に戻すデインターリーバ123と、入力したデータに対して変調復号を施すSISO型の復号器である変調SISO復号器124と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーバ126と、情報ビットに対する事前確率情報として入力するデータを切り替えるための切替スイッチ127と、2つの差分器122, 125とを有する。

## 【0188】

チャンネル復号手段であるチャンネルSISO復号器121は、A/D110から供給される軟入力であるデジタルチャンネル信号D112と、インターリーバ126から供給された軟入力である情報ビットに対する事前確率情報信号D126又は値が“0”である情報ビットに対する事前確率情報信号D127のうち、切替スイッチ127により選択された事前確率情報信号D128とを入力し、記録系におけるプリコード104の前段から再生系における等化器108における出力までのチャンネル応答に対応するトレリスに基づいて、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく軟出力復号を行う。ここで、プリコード104によるプリコード前のインターリーブデータD104を $C(t)$  ( $0 \leq t \leq N$ )と表すと、チャンネルSISO復号器121は、この $C(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(C(t)=1)/P(C(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比をチャンネル復号信号D121として後段の差分器122に供給する。

## 【0189】

差分器122は、チャンネルSISO復号器121から供給されて軟入力とされるチャンネル復号信号D121と、インターリーバ126から供給されて軟入力と

される事前確率情報信号 D 1 2 6 との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求まる情報ビットに対する外部情報であるチャンネル外部情報信号 D 1 2 2 として後段のデインターリーバ 1 2 3 に軟出力として出力する。なお、このチャンネル外部情報信号 D 1 2 2 は、記録系におけるインターリーバ 1 0 3 によりインターリーブされたインターリーブデータ D 1 0 4 に対応するものである。

## 【 0 1 9 0 】

逆攪拌手段であるデインターリーバ 1 2 3 は、記録系におけるインターリーバ 1 0 3 によりインターリーブされたインターリーブデータ D 1 0 4 のビット配列を、それぞれ、元の変調符号化データ D 1 0 3 のビット配列に戻すように、差分器 1 2 2 から供給される軟入力 of チャンネル外部情報信号 D 1 2 2 にデインターリーブを施す。デインターリーバ 1 2 3 は、デインターリーブして得られたデータを変調 S I S O 復号器 1 2 4 における符号ビットに対する事前確率情報であるデインターリーブ信号 D 1 2 3 として、変調 S I S O 復号器 1 2 4 及び差分器 1 2 5 に供給する。

## 【 0 1 9 1 】

変調復号手段である変調 S I S O 復号器 1 2 4 は、記録系における変調符号化器 1 0 2 により符号化された信号を復号するものであり、S I S O 型の変調復号器である。ここで、変調符号化器 1 0 2 により符号化率が  $R = K / N$  の変調符号化が施され、変調符号化器 1 0 2 による変調符号化後の変調符号化データ D 1 0 3 を  $M(t)$  ( $0 \leq t < N$ )、変調符号化器 1 0 2 による変調符号化前の誤り訂正符号化データ D 1 0 2 を  $E(t)$  ( $0 \leq t < K$ ) と表すものとする。変調 S I S O 復号器 1 2 4 は、デインターリーバ 1 2 3 から供給される軟入力であるデインターリーブ信号 D 1 2 3 を入力し、制約条件に対応したトレリスを用いて、 $M(t)$  に対する事後確率情報である対数事後確率比  $\log(P(M(t)=1)/P(M(t)=0))$  を算出し、この対数事後確率比を変調チャンネル復号信号 D 1 2 4 として差分器 1 2 5 に供給するとともに、 $E(t)$  に対する事後確率情報である対数事後確率比  $\log(P(E(t)=1)/P(E(t)=0))$  を算出し、この対数事後確率比をターボ復号信号 D 1 1 5 として誤り訂正軟復号器



1 1 4 に供給する。

【 0 1 9 2 】

差分器 1 2 5 は、変調 S I S O 復号器 1 2 4 から供給されて軟入力とされる変調チャンネル復号信号 D 1 2 4 と、デインターリーブ 1 2 3 から供給されて軟入力とされるデインターリーブ信号 D 1 2 3 との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求まる符号ビットに対する外部情報である変調外部情報信号 D 1 2 5 として後段のインターリーブ 1 2 6 に軟出力として出力する。

【 0 1 9 3 】

第 2 の攪拌手段であるインターリーブ 1 2 6 は、差分器 1 2 5 から供給された軟入力である変調外部情報信号 D 1 2 5 に対して、記録系におけるインターリーブ 1 0 3 と同一の攪拌位置情報に基づいたインターリーブを施す。インターリーブ 1 2 6 は、インターリーブして得られたデータをチャンネル S I S O 復号器 1 2 1 における符号ビットに対する事前確率情報信号 D 1 2 6 として、チャンネル S I S O 復号器 1 2 1 及び差分器 1 2 2 に供給する。

【 0 1 9 4 】

切替スイッチ 1 2 7 は、復号の初期時には、事前確率情報信号 D 1 2 7 である 0 値を供給する被選択端子 c と連結することによって、チャンネル S I S O 復号器 1 2 1 における情報ビットに対する事前確率情報信号 D 1 2 8 として、事前確率情報信号 D 1 2 7 を選択する。そして、切替スイッチ 1 2 7 は、それ以降では、インターリーブ 1 2 6 から供給される事前確率情報信号 D 1 2 6 を供給する被選択端子 d と連結し、事前確率情報信号 D 1 2 8 として、事前確率情報信号 D 1 2 6 を選択する。

【 0 1 9 5 】

このように構成されるチャンネル及び変調ターボ復号器 1 1 3 は、上述した磁気記録再生装置におけるチャンネル及び変調ターボ復号器 6 3 と同様に、記録系における変調符号化器 1 0 2 及びプリコーダ 1 0 4 のそれぞれに対応する変調 S I S O 復号器 1 2 4 及びチャンネル S I S O 復号器 1 2 1 を備えることによって、復号複雑度が高い符号を複雑度の小さい要素に分解し、チャンネル S I S O 復号器 1 2

1 及び変調 S I S O 復号器 1 2 4 の間の相互作用により特性を逐次的に向上させることができる。チャンネル及び変調ターボ復号器 1 1 3 は、A / D 1 1 0 から供給される軟入力であるディジタルチャンネル信号 D 1 1 2 を入力すると、チャンネル S I S O 復号器 1 2 1 乃至変調 S I S O 復号器 1 2 4 の復号動作を例えば数回乃至数十回といった所定の回数だけ反復して行い、所定の回数の復号動作の結果得られた軟出力の対数事後確率比を、ターボ復号信号 D 1 1 5 として後段の誤り訂正軟復号器 1 1 4 に供給する。

## 【 0 1 9 6 】

このような磁気記録再生装置 1 0 0 における再生系は、記録媒体 7 0 に記録されているデータを再生する場合には、読み出しヘッド 1 0 7、等化器 1 0 8、利得調整回路 1 0 9 及び A / D 1 1 0 を経て生成された軟入力とされるディジタルチャンネル信号 D 1 1 2 を、チャンネル及び変調ターボ復号器 1 1 3 によりターボ復号し、記録系における変調符号化器 1 0 2 に入力された誤り訂正符号化データ D 1 0 2 に対応するターボ復号信号 D 1 1 5 を生成する。

## 【 0 1 9 7 】

そして、この再生系は、チャンネル及び変調ターボ復号器 1 1 3 により生成されたターボ復号信号 D 1 1 5 に対して誤り訂正軟復号器 1 1 4 により誤り訂正符号の軟復号を行い、得られた軟出力であるデータをそのまま出力データ D 1 1 6 として外部に出力するか、若しくは、軟出力であるデータを 2 値化して硬出力の出力データ D 1 1 6 を生成し、外部に出力する。

## 【 0 1 9 8 】

このように、磁気記録再生装置 1 0 0 における再生系は、チャンネル及び変調ターボ復号器 1 1 3 を備えて、記録系における変調符号化器 1 0 2 及びプリコーダ 1 0 4 のそれぞれに対応する変調 S I S O 復号器 1 2 4 及びチャンネル S I S O 復号器 1 2 1 の間でターボ復号を行うことによって、チャンネル応答及び変調符号化に対応する復号を実現することができる。

## 【 0 1 9 9 】

以上のように、磁気記録再生装置 1 0 0 は、記録系において、変調符号化器 1 0 2 の後段にインターリーバ 1 0 3 を備えて、変調符号化器 1 0 2 とプリコーダ

104との間で縦列連接符号による符号化を行い、再生系において、チャネル及び変調ターボ復号器113を備えて、ターボ復号を行うことによって、高性能の符号化を実現するとともに、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよいターボ復号を行うことができ、情報を削減する必要がないことから、結果として復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。その上、磁気記録再生装置100は、記録系において前後のデータに相関を持たせて符号化を行うとともに、再生系において制約条件に対応したトレリス復号を行うことができることから、回路規模を削減することができ且つ復号誤り率をさらに低下させることが可能となる。

#### 【0200】

以上説明したように、上述した磁気記録再生装置50、100は、それぞれ、高性能の符号化を実現し、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよいターボ復号を行うことができ、復号誤り率を低下させることができる。特に、磁気記録再生装置100は、ブロック単位での符号化及び復号を行わずに、前後のデータに相関を持たせて符号化するとともに、制約条件に対応したトレリス復号を行うことによって、回路規模が削減されるとともに、復号誤り率をさらに低下させることが期待できる。すなわち、磁気記録再生装置50、100は、それぞれ、高精度の符号化及び復号システムを実現するものであり、ユーザに高い信頼性を提供することができるものである。

#### 【0201】

なお、本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、例えば、上述した記録媒体70としては、磁気記録方式によるもの以外にも、いわゆるCD (Compact Disc) やDVD (Digital Versatile Disk) 等の光記録方式による記録媒体又はいわゆるMO (Magneto Optical) 等の光磁気記録方式による記録媒体であっても容易に適用可能であることは勿論である。

#### 【0202】

また、上述した実施の形態では、磁気記録再生装置100として、符号化側でトレリス変調符号化を行うとともに、復号側でトレリス変調復号を行うものとして説明したが、本発明は、例えば、磁気記録再生装置50における変調符号化器

52のように、符号化側でブロック変調を行うといった場合等、符号化側でトレリス変調符号化を行わない場合であっても、復号側で制約条件に対応した復号、より具体的にはトレリス変調復号を行い、軟判定値を出力する場合でも適用することができる。

#### 【0203】

さらに、上述した実施の形態では、磁気記録再生装置50、100として、記録系と再生系とを備えた単体の装置であるものとして説明したが、記録媒体に対してデータを記録する記録系として単体の記録装置を構成し、この記録装置により記録媒体に記録されたデータを再生する再生系を単体の再生装置として構成してもよい。

#### 【0204】

以上のように、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能であることはいうまでもない。

#### 【0205】

##### 【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明にかかるデータ記録装置は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録装置であって、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌手段とを備える。

#### 【0206】

したがって、本発明にかかるデータ記録装置は、攪拌手段によって、変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することができる。

#### 【0207】

また、本発明にかかるデータ記録方法は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録方法であって、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌工程とを備える。

## 【 0 2 0 8 】

したがって、本発明にかかるデータ記録方法は、攪拌工程にて、変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することが可能となる。

## 【 0 2 0 9 】

さらに、本発明にかかるデータ再生装置は、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録機器により記録されたデータを再生するデータ再生装置であって、第1の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、この逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、第1の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備える。

## 【 0 2 1 0 】

したがって、本発明にかかるデータ再生装置は、逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号手段により変調復号し、第2の攪拌手段によって、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることができる。

## 【 0 2 1 1 】

さらにまた、本発明にかかるデータ再生方法は、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録方法により記録されたデータを再生するデータ再生方法であって、第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータ

の順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、この逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、第1の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備える。

## 【0212】

したがって、本発明にかかるデータ再生方法は、逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号工程にて変調復号し、第2の攪拌工程にて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。

## 【0213】

また、本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第1の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、この逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、第1の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備える。

## 【0214】

したがって、本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、第1の攪拌手段によって、変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体に記録されているデータを再生する

場合には、逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号手段により変調復号し、第2の攪拌手段によって、変調復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することができるとともに、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることができる。

## 【0215】

さらに、本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生方法であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、この逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、第1の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備える。

## 【0216】

したがって、本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、攪拌工程にて、変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体に記録されているデータを再生する場合には、逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号工程にて変調復号し、第2の攪拌工程にて、変調復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することが可能となるとともに、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態として示す磁気記録再生装置の記録系に適用するインターリーバにおける入出力例を説明する図である。

【図 2】

同磁気記録再生装置の記録系に適用するインターリーバにおける動作を説明する図である。

【図 3】

同磁気記録再生装置の再生系に適用する復号器における入出力例を説明する図である。

【図 4】

同磁気記録再生装置の再生系に適用する復号器の構成を説明するブロック図である。

【図 5】

同磁気記録再生装置の構成を説明するブロック図である。

【図 6】

同磁気記録再生装置の再生系に備えられるチャネル及び変調ターボ復号器の構成を説明するブロック図である。

【図 7】

$(d, k) = (0, 2)$  制限を満たす符号を生成するための状態遷移図を説明する図である。

【図 8】

図 7 に示す状態遷移図にしたがって 3 回状態遷移した際のトレリスを説明する図である。

【図 9】

図 8 に示すトレリスから枝の選択を行って構成されたトレリスを説明する図である。

【図 10】

本発明の第 2 の実施の形態として示す磁気記録再生装置の記録系に適用する符



号化器の構成を説明するブロック図である。

【図 1 1】

同磁気記録再生装置の構成を説明するブロック図である。

【図 1 2】

同磁気記録再生装置の再生系に備えられるチャンネル及び変調ターボ復号器の構成を説明するブロック図である。

【図 1 3】

従来の変調符号化器における入出力例を説明する図である。

【図 1 4】

従来の変調復号器の構成を説明するブロック図である。

【図 1 5】

他の従来の変調復号器の構成を説明するブロック図である。

【図 1 6】

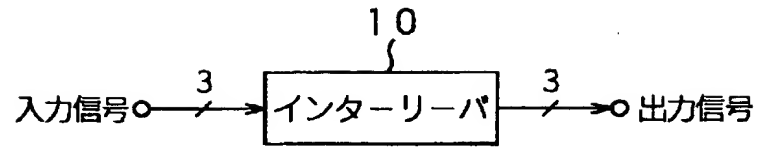
従来の磁気記録再生装置の構成を説明するブロック図である。

【符号の説明】

1 0, 5 3, 1 0 3, 8 6, 1 2 6 インターリーバ、 2 0, 3 0 復号器、  
 3 1<sub>1</sub>, 3 1<sub>2</sub>, 3 1<sub>3</sub>, 3 1<sub>4</sub>, 3 1<sub>5</sub>, 3 1<sub>6</sub> 尤度算出回路、 5 0, 1 0  
 0 磁気記録再生装置、 5 1, 1 0 1 誤り訂正符号化器、 5 2, 1 0 2  
 変調符号化器、 5 4, 1 0 4 プリコーダ、 6 3, 1 1 3 チャンネル及び変  
 調ターボ復号器、 6 4, 1 1 4 誤り訂正軟復号器、 7 0 記録媒体、 8  
 1, 1 2 1 チャンネル S I S O 復号器、 8 3, 1 2 3 デインターリーバ、  
 8 4, 1 2 4 変調 S I S O 復号器、 9 0 符号化器

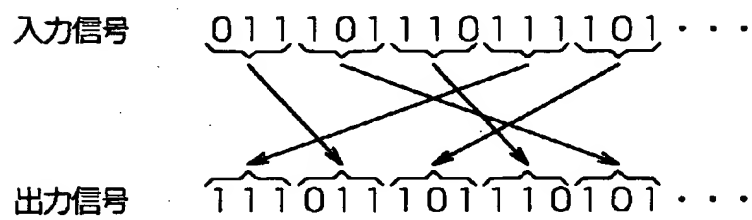
【書類名】 図面

【図 1】



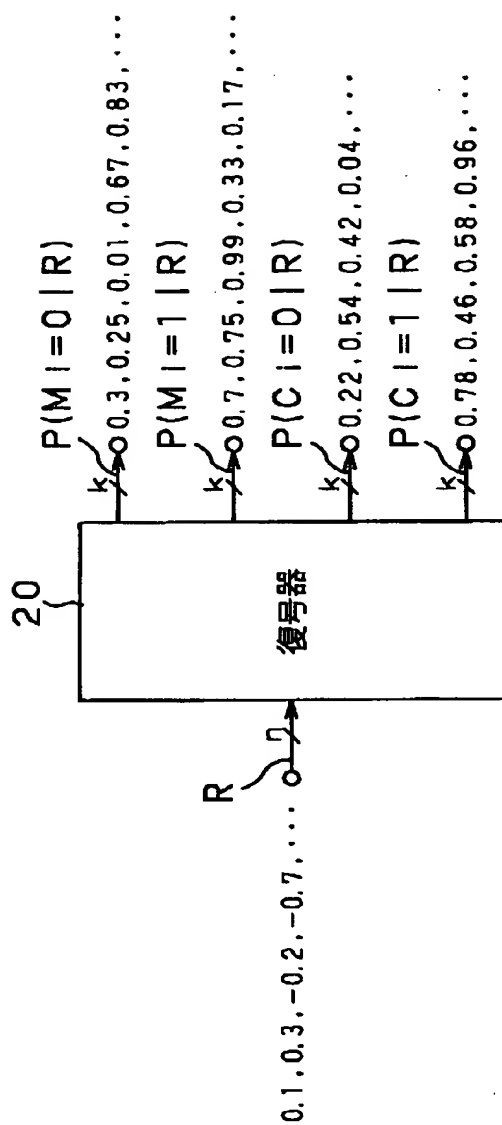
インターリーバにおける入出力例

【図 2】



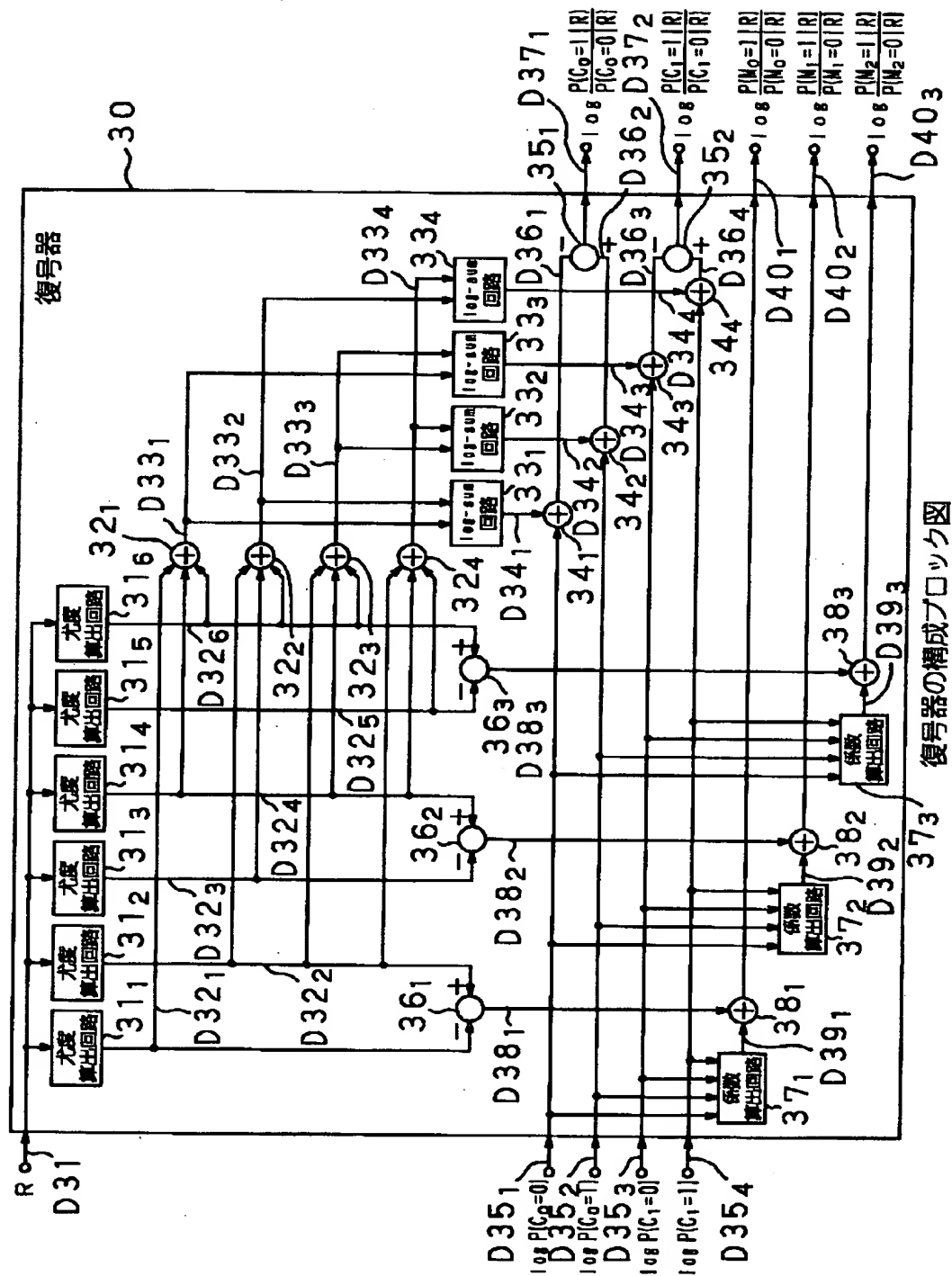
インターリーバにおける動作の説明図

【図 3】

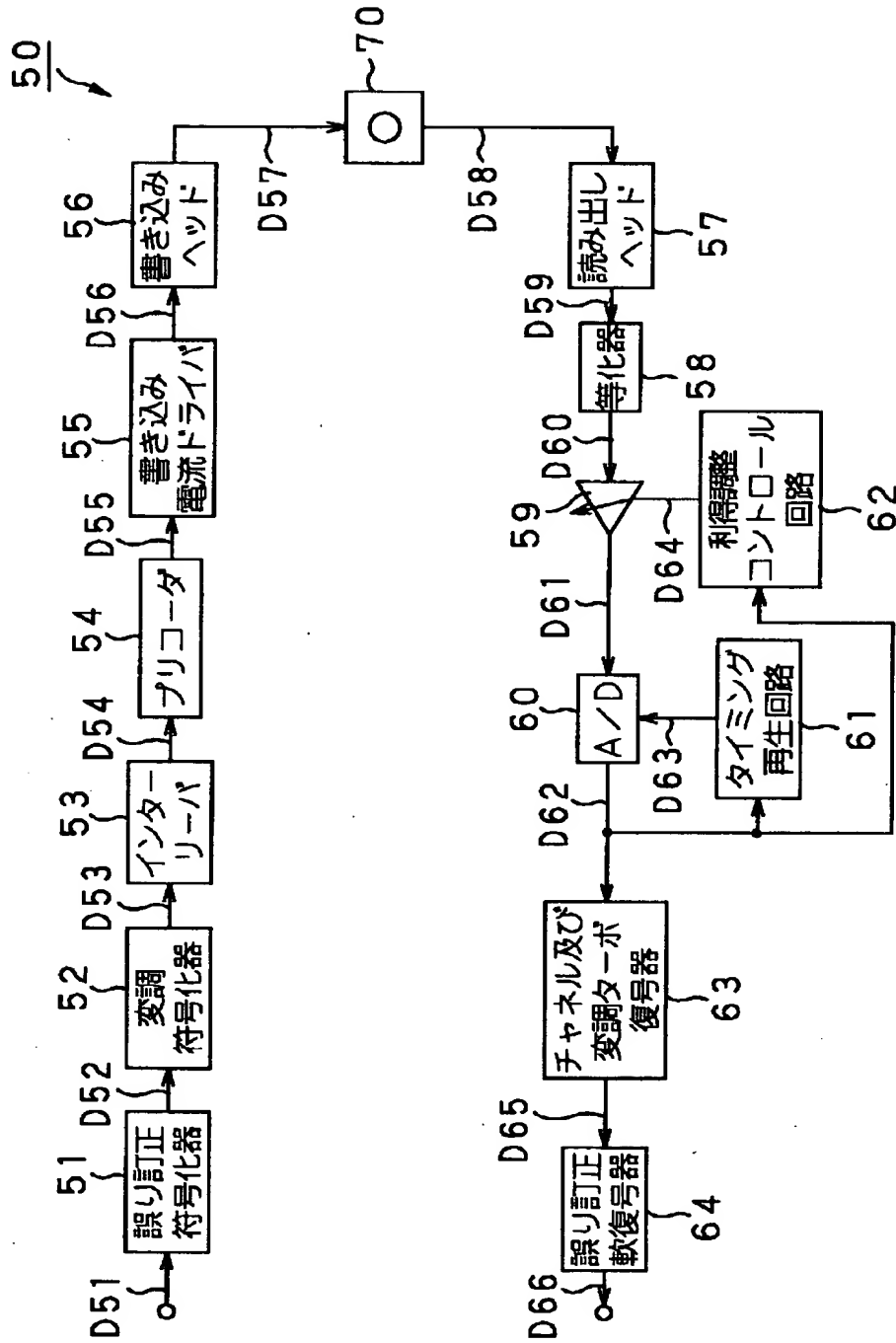


復号器における入出力例

【図 4】

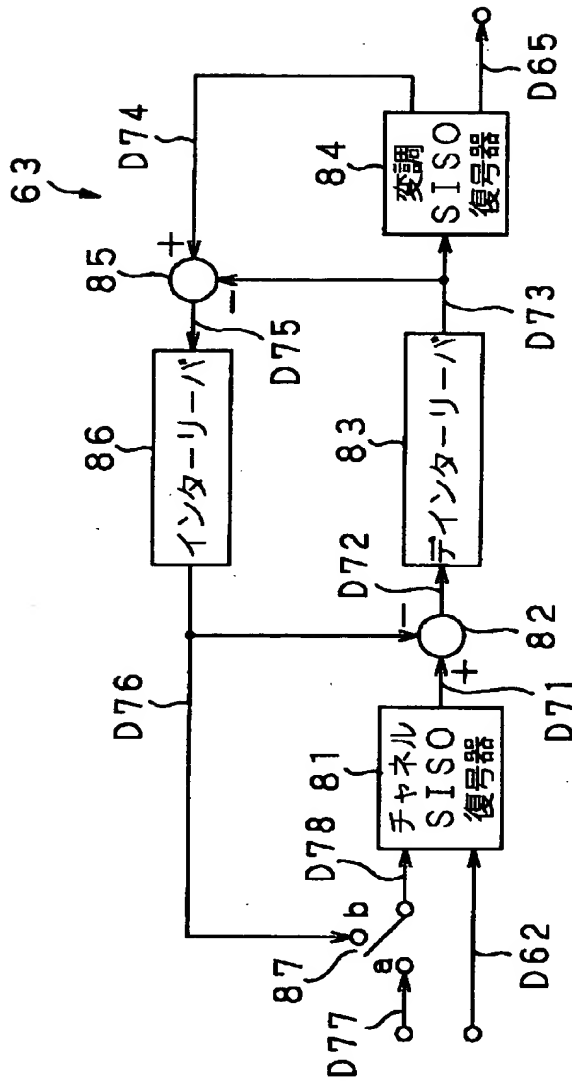


【図 5】



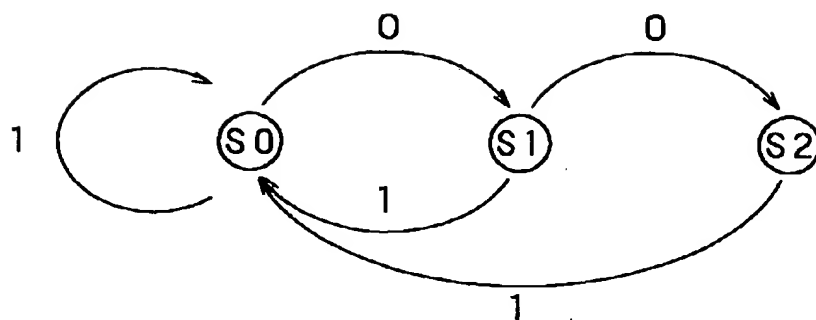
磁気記録再生装置の構成ブロック図

【図 6】



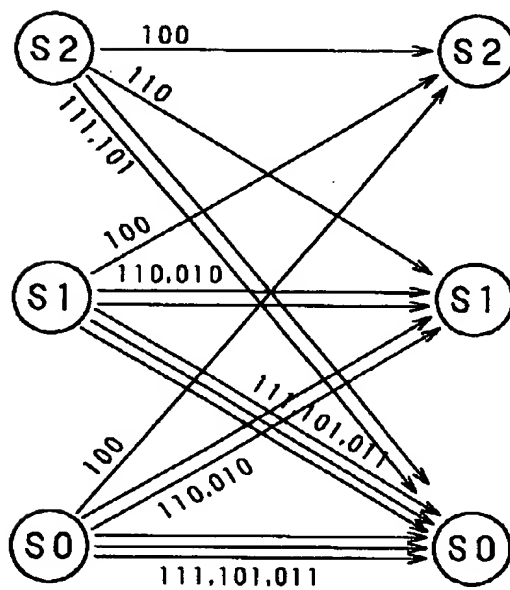
チャンネル及び変調ターボ復号器の構成ブロック図

【図 7】



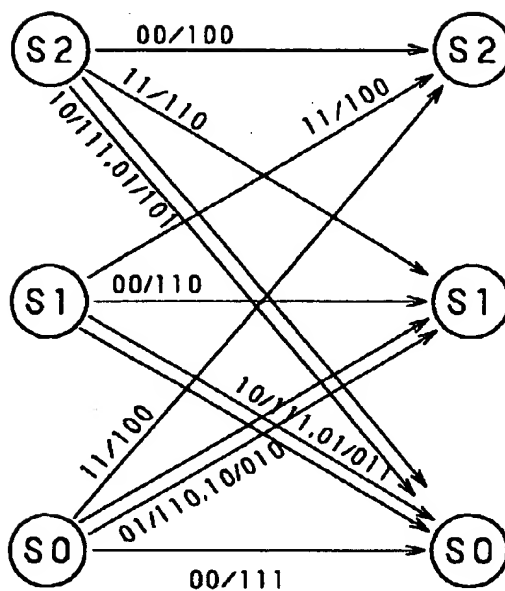
状態遷移図の説明図

【図 8】



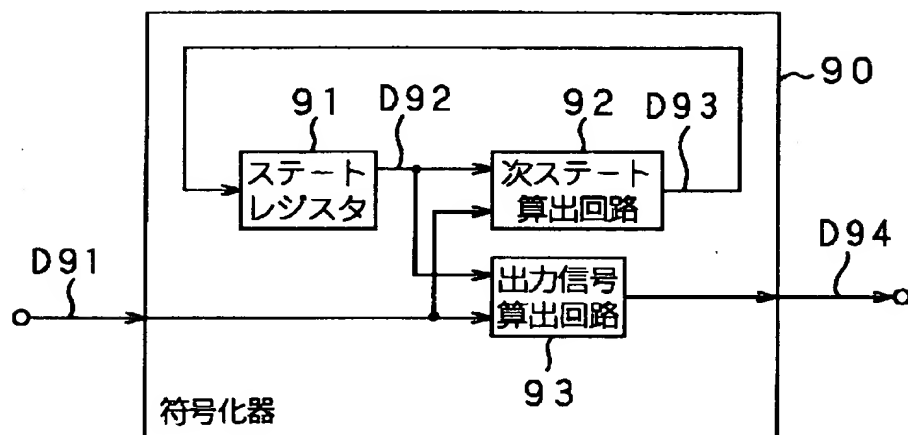
トレリスの説明図

【図 9】



トレリスの説明図

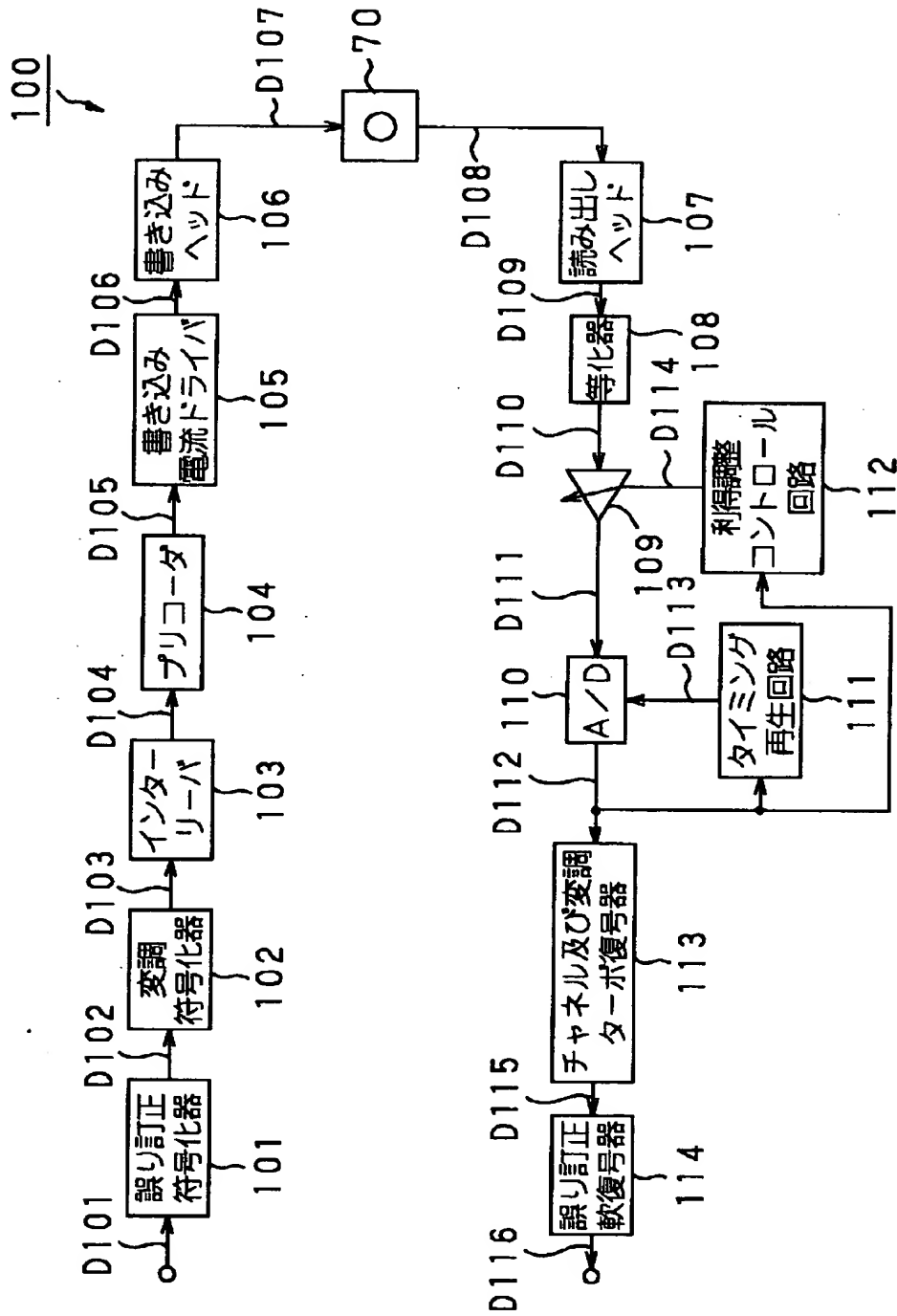
【図 1 0】



符号化器の構成ブロック図

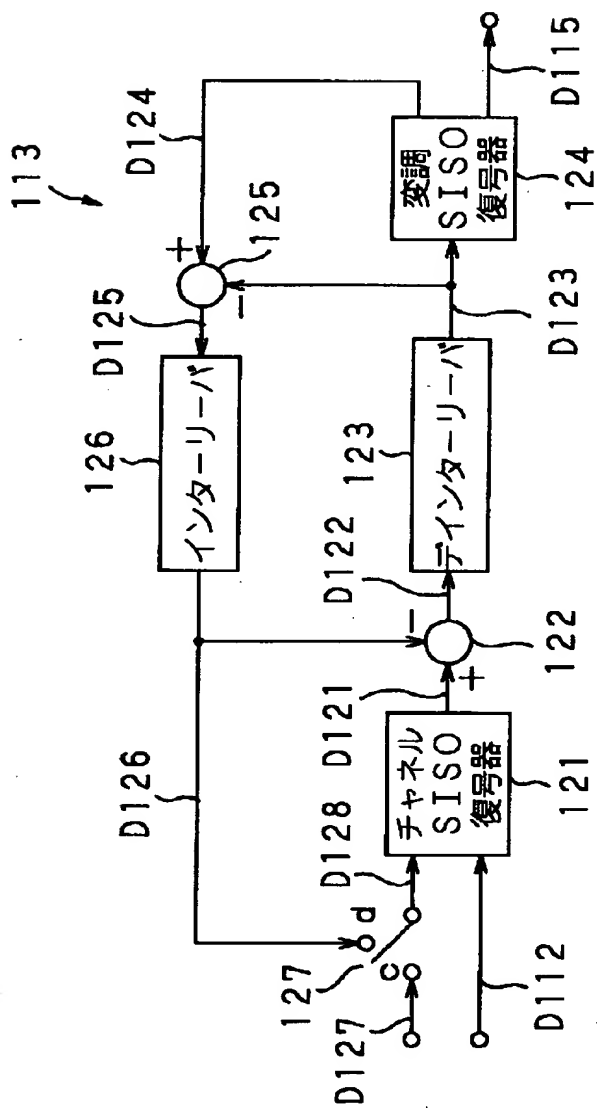


【図 11】



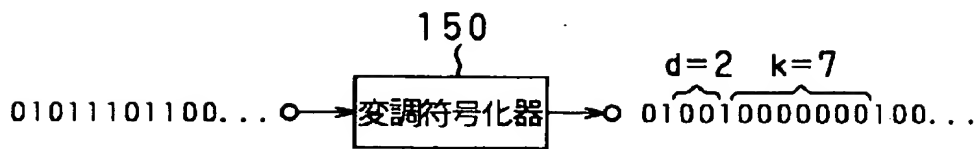
磁気記録再生装置の構成ブロック図

【図 12】



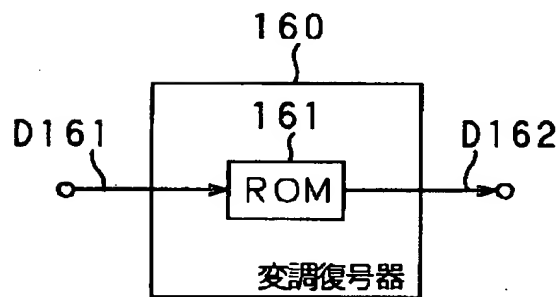
チャンネル及び変調ターボ復号器の構成ブロック図

【図 1 3】



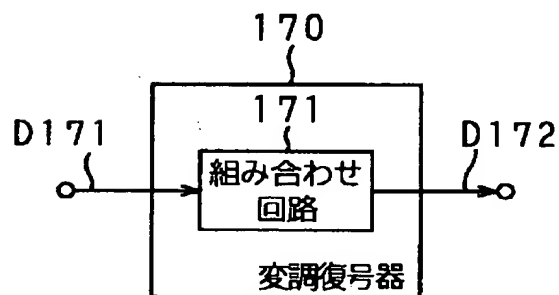
従来の変調符号化器における入出力例

【図 1 4】



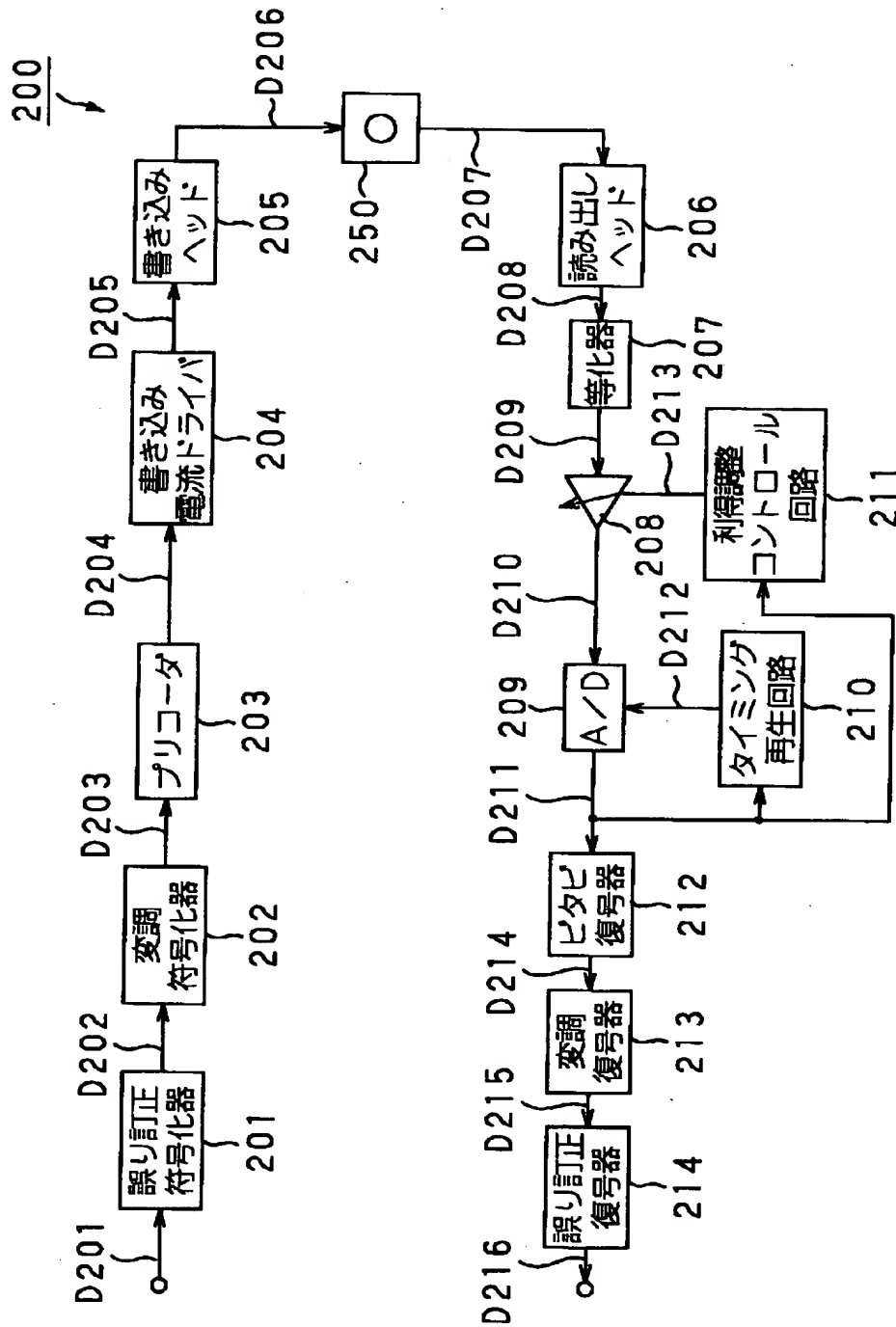
従来の変調復号器の構成ブロック図

【図 1 5】



従来の変調復号器の構成ブロック図

【図 16】



従来の磁気記録再生装置の構成ブロック図

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高性能の符号化及び高効率の復号を実現して復号誤り率を低下する。

【解決手段】 磁気記録再生装置 5 0 は、記録系において、入力したデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化器 5 2 と、この変調符号化器 5 2 から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替えるインターリーバ 5 3 とを備える。また、磁気記録再生装置 5 0 は、再生系において、インターリーバ 5 3 により並べ替えられたデータのビット配列を元に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替えるデインターリーバと、このデインターリーバから供給されたデータを変調復号する変調 S I S O 復号器と、インターリーバ 5 3 と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調 S I S O 復号器から出力されたデータとデインターリーバから出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えるインターリーバとを有するチャンネル及び変調ターボ復号器 6 3 を備える。

【選択図】 図 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号  
氏 名 ソニー株式会社